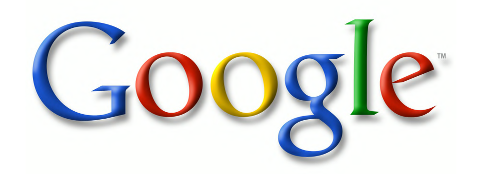
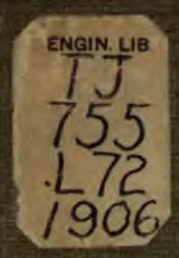


G. Lieckfeld



Aus der

Gasmotoren-Praxis

Zweite Auflage



München und Berlin.
Druck und Verlag von R. Olden[illegible]


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

Aus der Gasmotoren-Praxis

Auswahl, Prüfung und Wartung der Gasmotoren

Von

G. Lieckfeld
Zivil-Ingenieur in Hannover

Zweite Auflage

Mit 53 in den Text gedruckten Abbildungen



München und **Berlin**
Druck und Verlag von R. Oldenbourg
1906

Vorwort zur zweiten Auflage.

Das letzte Jahrzehnt hat uns hinsichtlich der Motorkonstruktionen und der zugehörigen Gaserzeuger epochemachende Neuerungen gebracht. Die Gasmotoren gehören heute zu den billigsten und wirtschaftlichsten Kraftmaschinen, gleichgültig ob große oder kleine Kräfte mit ihnen erzeugt werden.

Dementsprechend hat sich denn auch ihr Verwendungsgebiet erweitert, der Gasmotor ist nicht mehr ein »Kleinmotor«, sondern längst in allen Zweigen der Industrie, der Gewerbe, der Land- und Hauswirtschaft heimisch.

Um allen diesen Kreisen Rat und Belehrung geben zu können, mußte die neue Auflage des vorliegenden Werkes bedeutend erweitert und vollständig umgearbeitet werden. Möge auch dieses Buch dazu beitragen, das Verständnis für die Eigenart der Gasmotoren zu fördern und das Arbeiten mit ihnen zu einem angenehmen zu machen.

Hannover, im Juni 1906.

G. Lieckfeld.



Inhaltsverzeichnis.

Erster Abschnitt.

Die verschiedenen Gasmotorensysteme, ihre Bauarten und Konstruktionsteile.

Das weite Verwendungsgebiet der Gasmotoren und die verschiedenartigen Brennstoffe, welche für ihren Betrieb benutzt werden, machen es nötig, eine Einteilung dieser Maschinen nicht nur nach Art des Arbeitsverfahrens und des Brennstoffes, sondern auch nach der Art der Verwendung vorzunehmen. Vom heutigen Entwicklungsstand der Gasmotoren ausgehend, finden sich nachstehende **Arbeitsverfahren** im Gebrauch:

1. Einfachwirkender Viertakt.
2. Doppeltwirkender Viertakt.
3. Einfachwirkender ventilloser Zweitakt.
4. Einfachwirkender Zweitakt mit Ventilen und gesonderten Pumpen für Gas und Luft.
5. Doppeltwirkender Zweitakt mit Ventilen und gesonderten Pumpen für Gas und Luft.

Als **Brennstoffe** für diese Maschinen sind im Gebrauch:

1. das Leuchtgas, dargestellt aus den verschiedenen festen und flüssigen Brennstoffen,
2. das Generatorgas (Saug- und Druckgasanlagen),
3. das Gichtgas, Koksofengas und Braunkohlenschwelgas,
4. die verschiedenen flüssigen Brennstoffe, Petroleum, Benzin, Ergin und Spiritus.

Nach dem **Verwendungsgebiet** eingeteilt, lassen sich heute unterscheiden:

1. Kleinmotoren mit hoher Umdrehungszahl, 500 bis 1000 pro Minute, im Viertakt und ventillosen Zweitakt arbeitend. Von billiger, leichter, stehender Bauart, nach Art der Automobilmotoren, mit und ohne Wasserkühlung, mit Glührohr und elektrischer Zündung, Regulierung durch Aussetzer oder Ändern der Ladungsmenge. Diese Motoren sind billig, beanspruchen wenig Raum, sind von jedem zuverlässigen Arbeiter zu bedienen und eignen sich für alle diejenigen gewerblichen, land- und hauswirtschaftlichen Betriebe, bei denen die Maschine täglich einige Stunden in Benutzung ist.

In Fig. 1 ist einer dieser Motoren, wie er von der Aachener Stahlwarenfabrik gebaut wird, dargestellt und beschrieben.

2. Kleinmotoren von mittlerer Umdrehungszahl, im Viertakt oder ventillosen Zweitakt arbeitend, stehender Bauart mit Wasserkühlung, mit Glührohr- oder elektrischer Zündung. Regulierung durch Aussetzen oder Ändern der Ladungsmenge, wenig Raum beanspruchend und leicht zu bedienen. Solche Motoren eignen sich für Betriebe, bei denen die Maschine den ganzen Tag benutzt wird. Als Brennstoff sind die verschiedenen Leuchtgase und flüssigen Brennstoffe verwendbar.

In Fig. 2 und 3 sind zwei dieser Motore dargestellt und beschrieben. Fig. 2 ist ein im Viertakt arbeitender Motor der Hannoverschen Motorenbaugesellschaft. Fig. 3 ein ventilloser Zweitakt der Firma »Solos«, Motorengesellschaft in Wiesbaden.

3. Kleinmotoren mit geringer Umdrehungszahl, bis 250 pro Minute, im Vier- oder Zweitakt arbeitend, von vorwiegend liegender schwerer Bauart, ausgerüstet mit allen für einen wirtschaftlichen sicheren Betrieb nötigen Konstruktionsteilen. Teuer in der Anschaffung, aber von langer Gebrauchsdauer, mit allen Brennstoffen arbeitend und für Tag- und Nachtbetrieb geeignet.

In Fig. 4 und 5 ist einer dieser Motoren, wie er von Gebr. Körting, Aktiengesellschaft in Körtingsdorf bei Hannover, gebaut wird, dargestellt.

4. Motoren von 20 bis 150 PS für den Betrieb mit Generatorgas, Leuchtgas und flüssigen Brennstoffen, im einfachen Viertakt arbeitend. Überwiegend liegender Bauart, von größter Wirtschaftlichkeit, längster Gebrauchs-

dauer und größter Betriebssicherheit, für Tag- und Nachtbetrieb geeignet. Ausgerüstet mit Druckluftanlassung, sorgfältig durchgebildeter Wasserkühlung für alle Ventile und Druckschmierung.

In Fig. 6 und 7 ist ein einfachwirkender Viertaktmotor dieser Art dargestellt, wie er von der Firma Gebr. Körting, Aktiengesellschaft in Körtingsdorf bei Hannover, gebaut wird.

5. Großgasmotoren von 150 PS aufwärts, mit Generatorgas, Gichtgas, Koksofen- und Braunkohlenschwelgas im einfachen und doppeltwirkenden Viertakt oder Zweitakt arbeitend. Überwiegend liegender Bauart, von vollkommenster Konstruktion für den Betrieb von elektrischen Zentralen, Hochofengebläsen usw.

In Fig. 8 und 9 ist ein doppeltwirkender Viertaktmotor dieser Art dargestellt, wie er von der Firma Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg A.-G. Werk Nürnberg, gebaut wird.

Fig. 10 zeigt einen doppeltwirkenden Zweitaktmotor, gebaut von der Firma Gebr. Körting, Aktiengesellschaft in Körtingsdorf bei Hannover.

6. Als eine weitere Motorenart mit eigenartigem Arbeitsverfahren ist noch der »Dieselmotor« zu erwähnen. Diese Maschine arbeitet nur mit flüssigen Brennstoffen, die niedrigen Entzündungspunkt haben. Sie besitzt keine Zündvorrichtung, die Verbrennungsluft wird für sich allein so hoch verdichtet, daß die Verdichtungstemperatur hinreicht, den Brennstoff schon in dem Moment zu entzünden, in welchem er mit der verdichteten Luft in Berührung tritt, die Wärmebildung hält so lange an, wie Brennstoff eingeführt wird.

In Fig. 11 und 12 ist ein Dieselmotor dargestellt, wie er von der Firma Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg A.-G. Werk Augsburg gebaut wird.

Arbeitsverfahren.

Als herrschendes Arbeitsverfahren hat sich bis auf den heutigen Tag der Viertakt erhalten, also das Verfahren, bei dem das Ansaugen, Verdichten, die Arbeitserzeugung und das Ausstoßen der verbrannten Ladung in demselben Zylinder und von demselben Kolben vollzogen werden. Es ist zu verstehen, wenn man eine Unvollkommenheit darin erblickt, daß hier dieselben schweren Organe, die

durch die starken Drucke bei der Verbrennung bedingt sind, auch für die leichten Arbeiten des Ansaugens der neuen Ladung und Entfernens der verbrannten Gase benutzt werden.

Ohne Frage müßte es, vom rein theoretischen Standpunkt beurteilt, vorteilhaft sein, diese Arbeitsvorgänge zu trennen und die starken Drucke von starken Organen aufnehmen zu lassen, während für die leichten Drucke besondere leichte Konstruktionsteile verwendet werden müßten.

Diesem Gedankengang, welcher sich bis auf die ältesten Erfindungen im Gasmotorenbau zurückführen läßt, entsprechen die nach dem einfach- und doppeltwirkenden Zweitaktverfahren arbeitenden Gasmotoren. Trotz vieler Mißerfolge haben die Bemühungen, praktisch brauchbare Zweitaktmotoren zu konstruieren, nie geruht, und man muß gestehen, daß in den letzten fünf oder sechs Jahren auch wirkliche Erfolge in dieser Beziehung zu verzeichnen sind, sowohl für Klein- wie für Großmotoren.

Der in Fig. 3 (S. 7) dargestellte Zweitaktmotor Patent Söhnlein, wie er von der Gesellschaft »Solos« in Wiesbaden gebaut wird, und der von Gebr. Körting in Hannover gebaute doppeltwirkende Zweitaktmotor Fig. 10 (S. 14), welche sich ausgebreiteter Benutzung erfreuen, legen Zeugnis dafür ab, daß es möglich ist, brauchbare Zweitaktmotoren zu konstruieren.

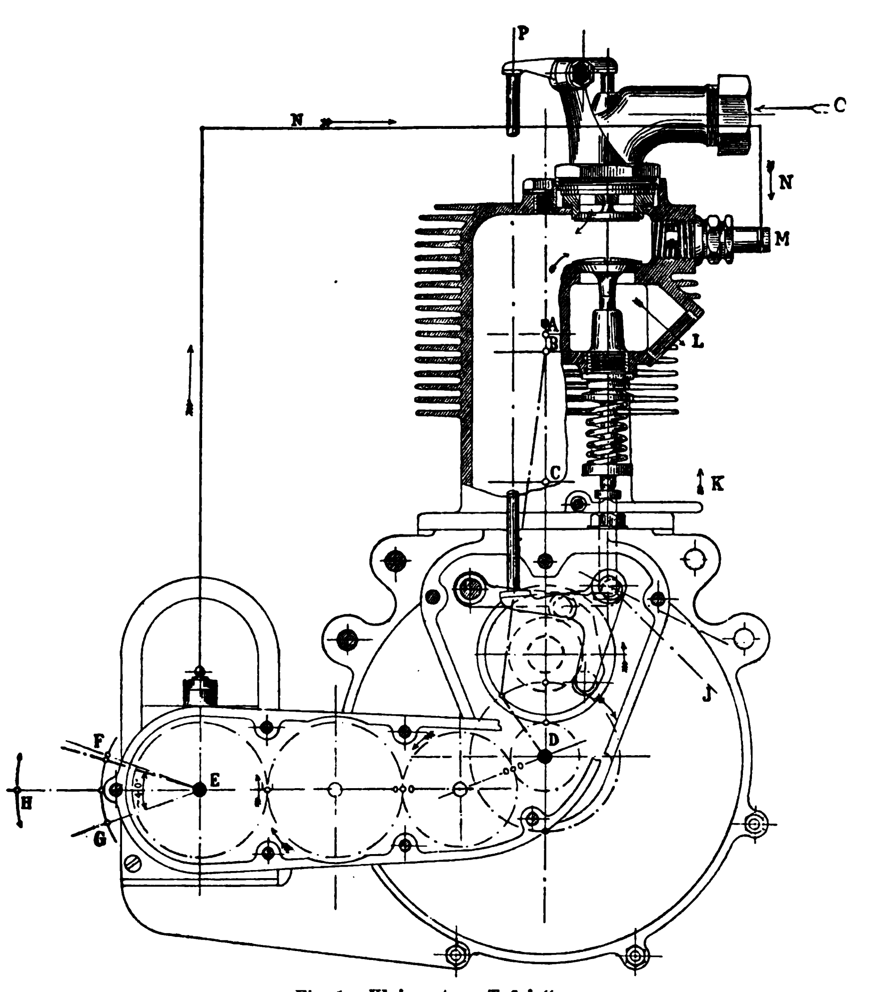


Fig. 1. **Kleinmotor „Tafnir".**
Gebaut von der Aachener Stahlwarenfabrik A.-G.
Einfachwirkender Viertakt. 1000 bis 1200 Umdrehungen pro Minute.

A Obere Totlage des Kolbens
B Stellung des Kolbens bei 8 mm Vorzündung.
C Untere Totlage des Kolbens.
D Kurbelwelle.
E Magnetwelle.
F Vorzündung.
G Nachzündung.
H Fiberstückhebel.
J Regulierhebel für Einlaßventil.
K Aufhebung der Kompression.
L Auslaß.
M Zündkerze.
N Sekundärer Strom.
O Einlaß.
P Einlaßventilsteuerung.

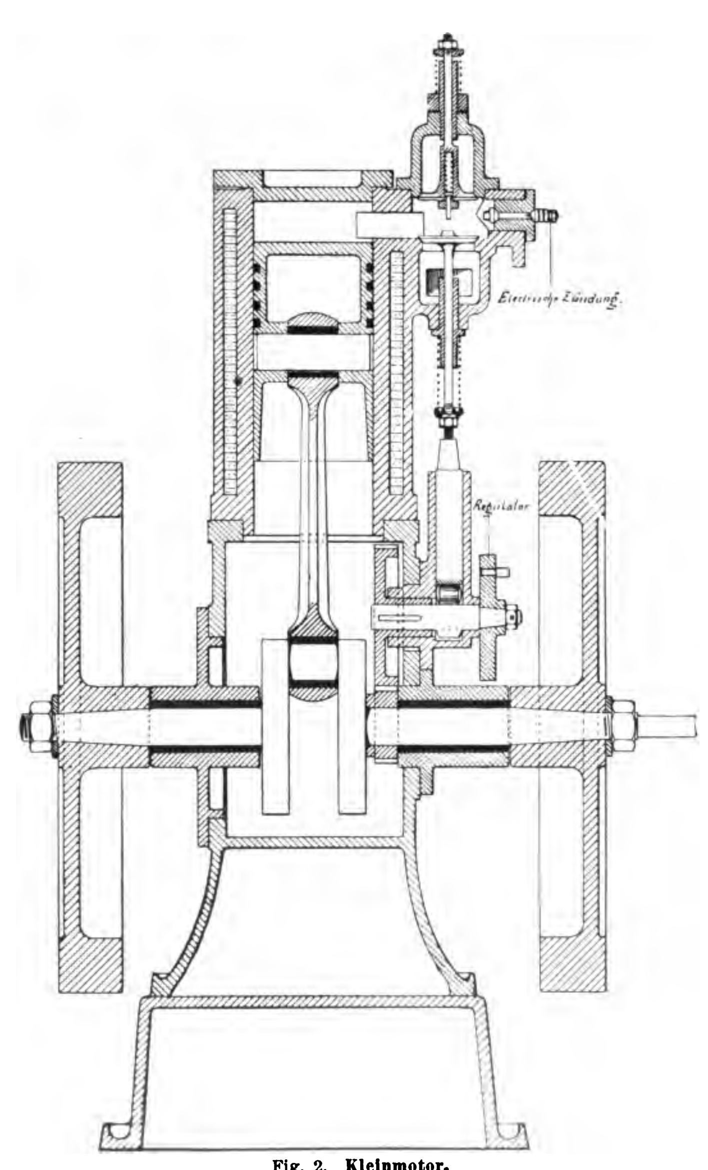


Fig. 2. Kleinmotor.

Gebaut von der Hannoverschen Motorenbaugesellschaft in Hannover.
Einfachwirkender Viertakt. 400 bis 600 Umdrehungen pro Minute.
Selbsttätiges Einlaß- und Mischventil. — Geschlossenes Kurbelgehäuse. — Schmierung durch Ölspülung. — Aussetzerregulierung durch Abstützen des Auslaßventils. — Schwunggewichtsregulator. — Elektrische Zündung.

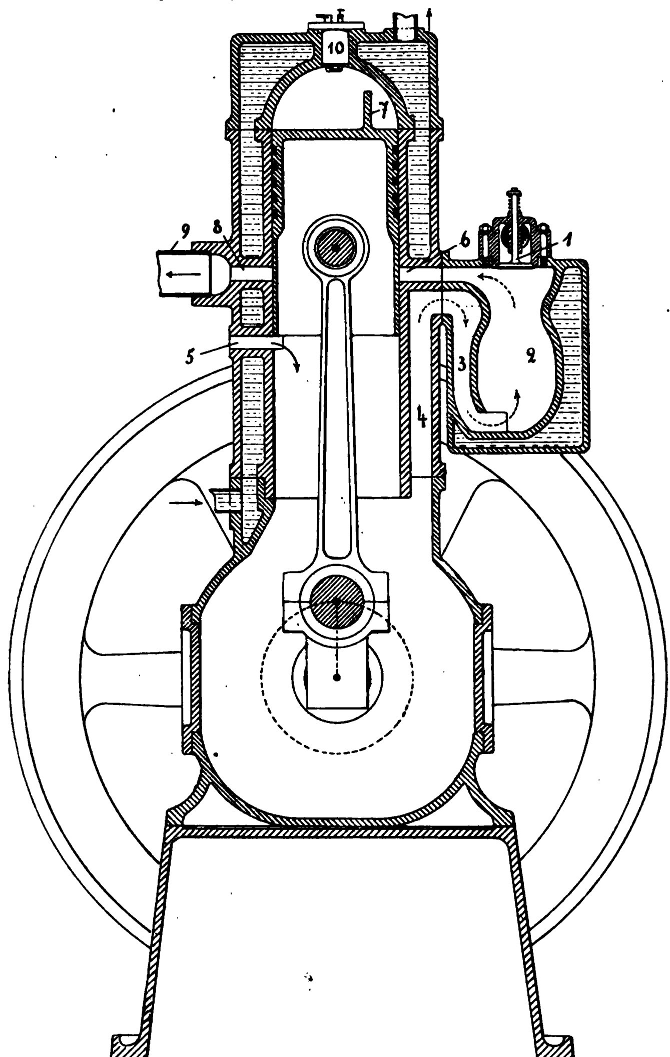


Fig. 3. **Kleinmotor „Solos".**
Gebaut von der Motorengesellschaft m. b. H »Solos« in Wiesbaden. Einfachwirkender Zweitaktmotor. 400 bis 800 Umdrehungen pro Minute.

1 Gaseinlaßventil. — *2* Sammelraum für das Gasluftgemisch. — *3* Luftsammelkanal. — *4* Luftkanal vom Kurbelgehäuse. — *5* Lufteintrittsschlitz. — *6* Gemischeintrittsschlitz in den Arbeitszylinder. — *7* Brücke zur Ableitung des Gemisches nach dem Verbrennungsraum zu. — *8* Auspuffschlitz. — *9* Auspuffrohr. — *10* Elektrische Zündung.

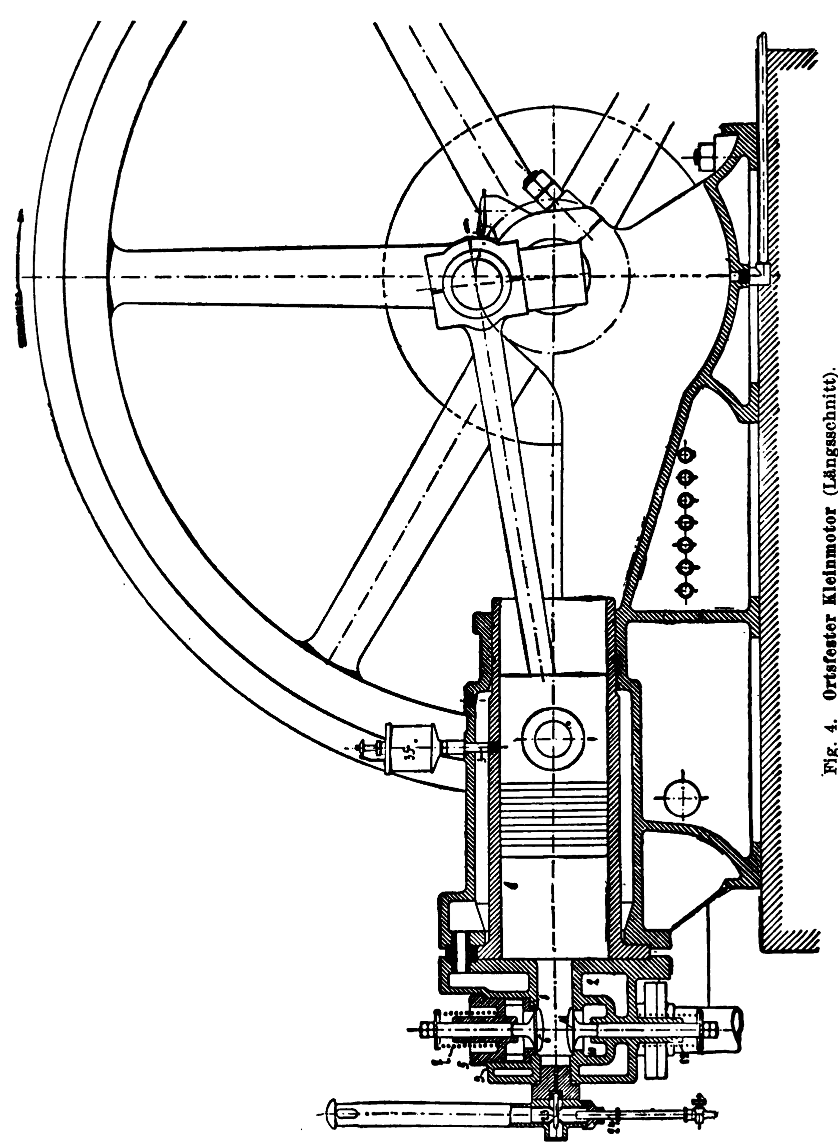


Fig. 4. **Ortsfester Kleinmotor** (Längsschnitt).
Gebaut von Gebr. Körting, A.-G, Körtingsdorf bei Hannover, für den Betrieb mit Leucht- und Generatorgas, Benzin und Spiritus.

1 Zylindereinsatz. — *2* Zylinderkopf mit Wassermantel. — *6* Einlaßventil. — *11* Auslaßventil. — *14* und *15* Mischventil. — *17* Luftrohr. — *23* Glührohr. — *24* Rohr der Heizflamme. — *26* Auslaßventilhebel. — *27* Einlaßventilhebel. - *31*, *32* und *33* Regulatorgestänge — *34* Regulierdrosselklappe.

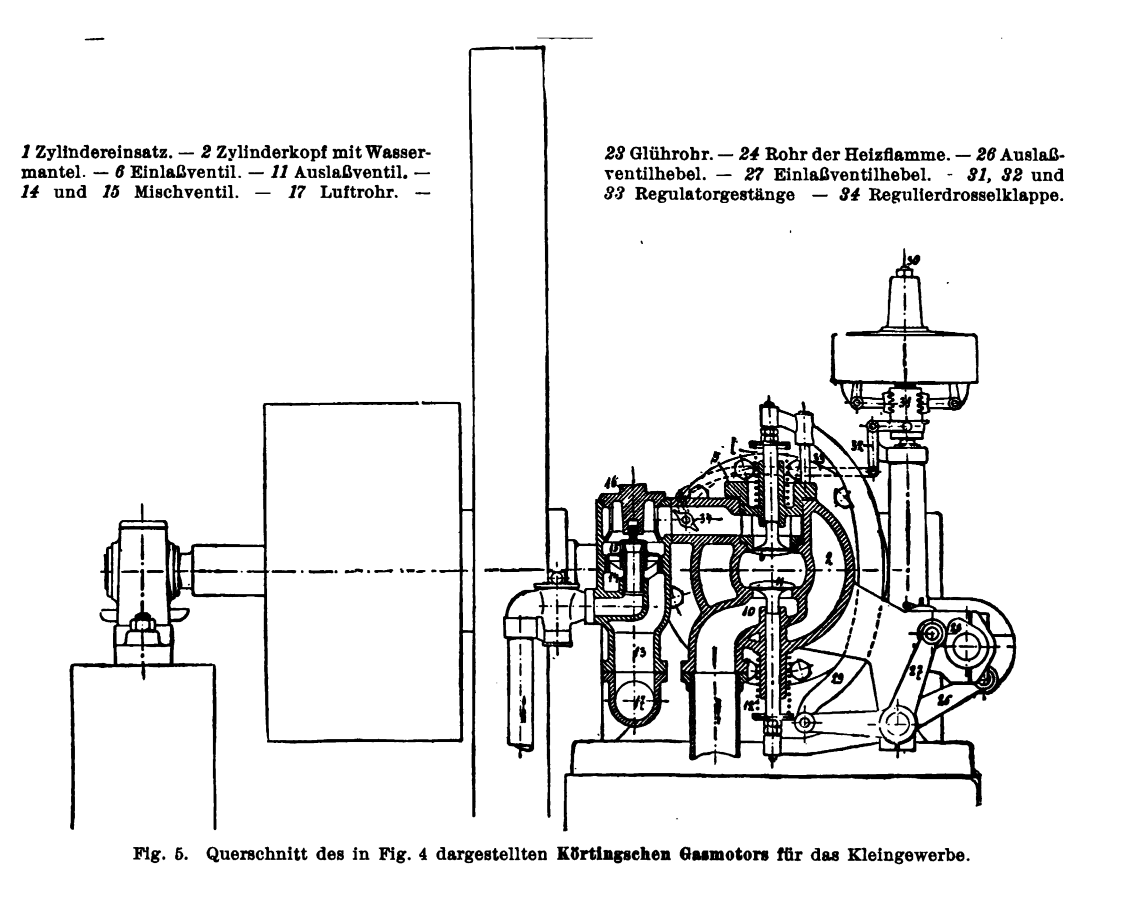


Fig. 5. Querschnitt des in Fig. 4 dargestellten **Körtingschen Gasmotors** für das Kleingewerbe.

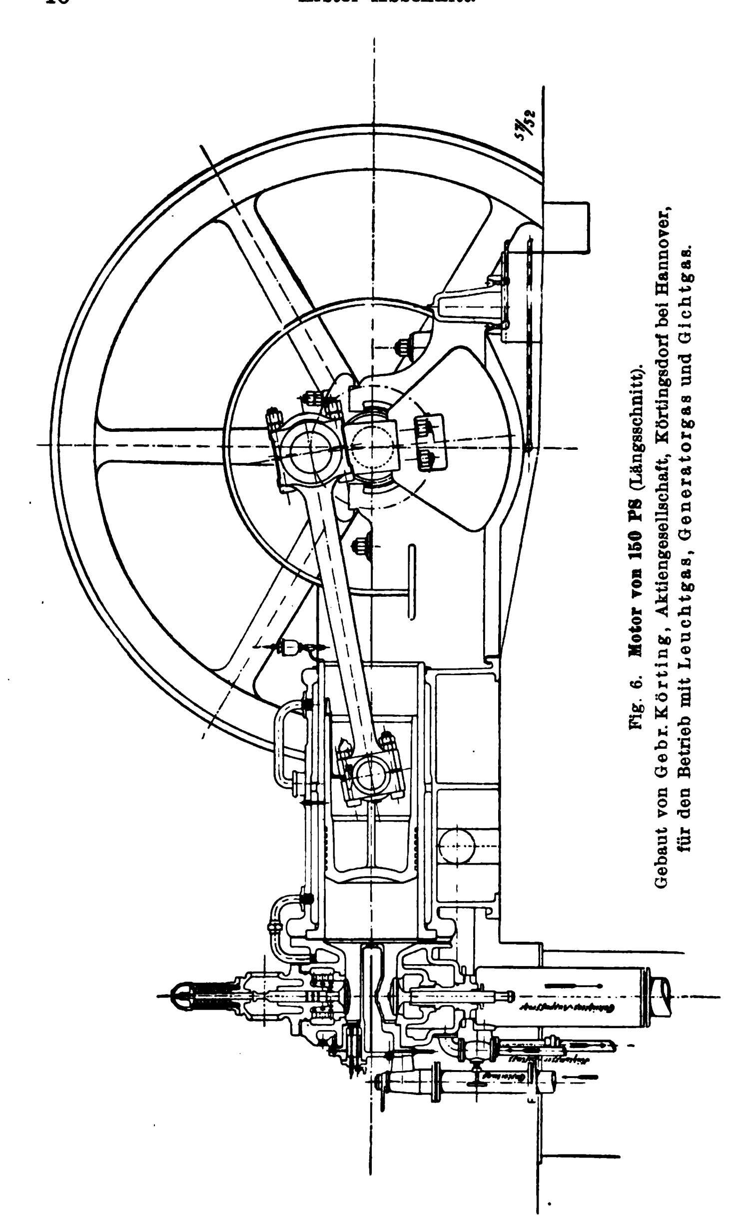


Fig. 6. **Motor von 150 PS** (Längsschnitt).
Gebaut von Gebr. Körting, Aktiengesellschaft, Körtingsdorf bei Hannover,
für den Betrieb mit Leuchtgas, Generatorgas und Gichtgas.

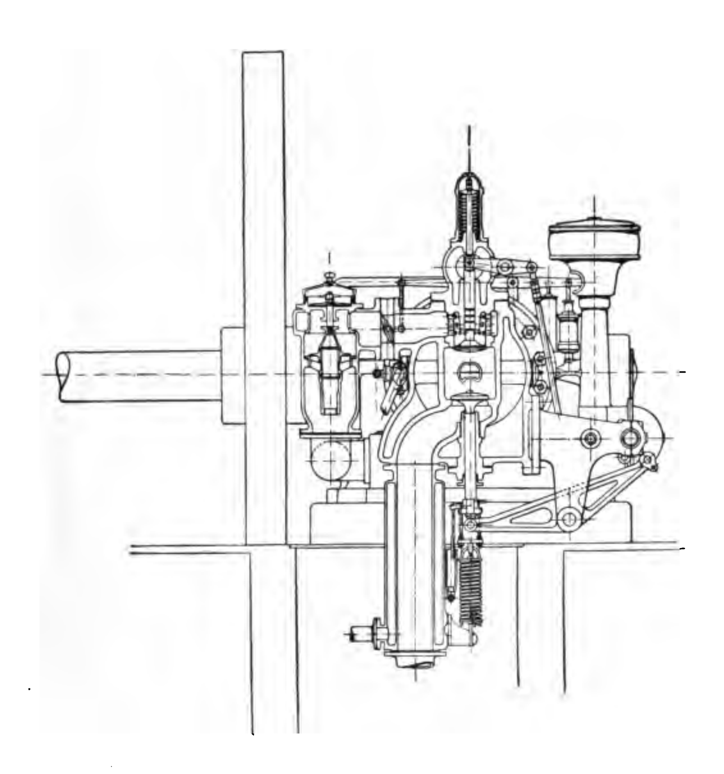


Fig. 7.

Querschnitt des in Fig. 6 dargestellten **Körting'schen Gasmotors von 150 PS.**

In das Innere des Verbrennungsraumes ist ein Kühlrohr eingebaut. Die Spindel des Auslaßventiles und das Auspuffrohr sind in Nähe des Auslaßventiles mit Wasser gekühlt.

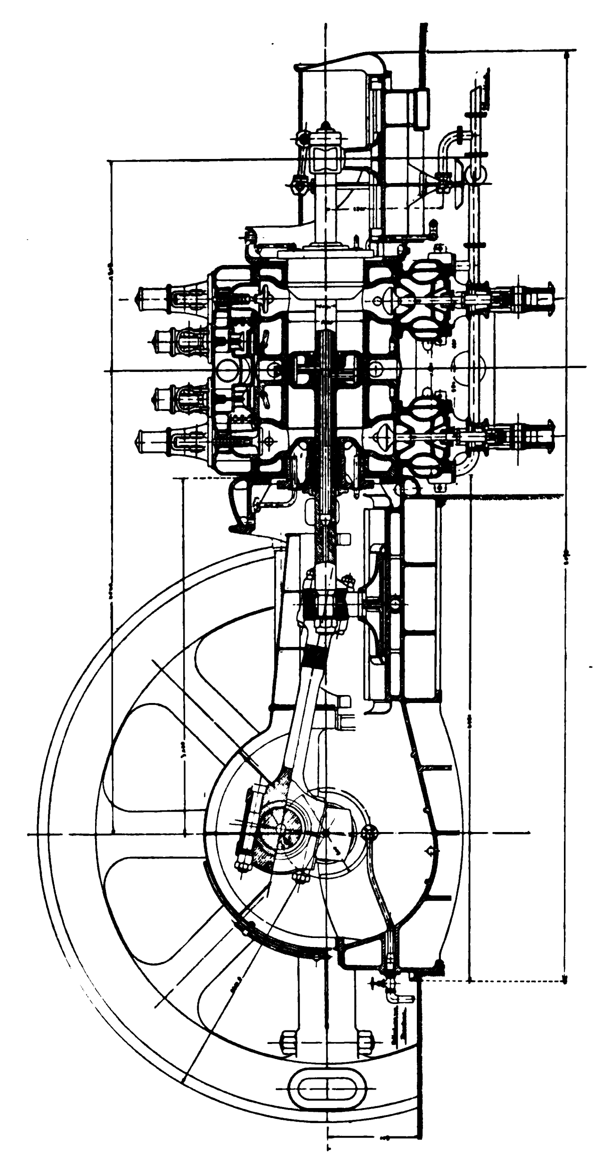


Fig 8. **Groß-Gasmotor** für Einzelleistung bis 3200 PS (Längsschnitt).
Gebaut von der Firma Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg A.-G.
Werk Nürnberg.
Doppeltwirkender Viertaktmotor für den Betrieb mit Generator- und Gichtgas.

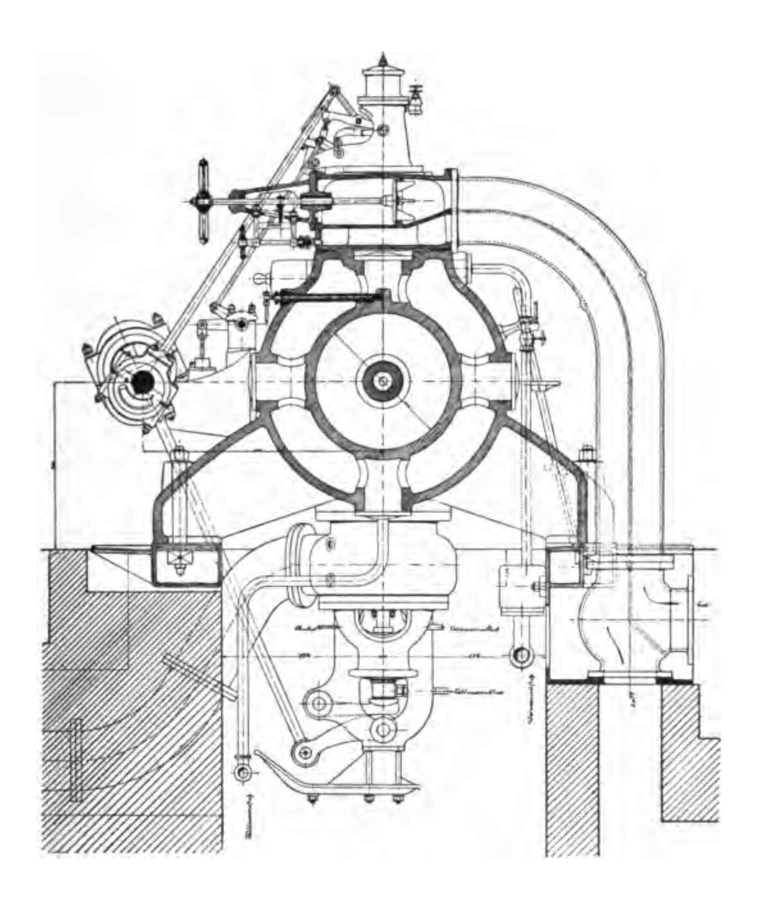


Fig. 9. Querschnitt des in Fig. 8 dargestellten **Nürnberger Großgasmotors.**

Das Eigengewicht des Kolbens wird durch Führung auf Gleitbahnen außerhalb des Zylinders aufgenommen. — Kolbenstange, Kolben, Auslaßventilführung und Ventilkegel werden durch Wasser gekühlt. — Die Kolbenstange wird durch Metallstopfbüchsen abgedichtet, und werden diese ebenso wie der Kolben, die Kurbelwelle, der Kreuzkopf und das Pleuelstangenlager unter Druck geschmiert. — Die Regulierung erfolgt durch Änderung des Mischungsverhältnisses. Der Regulator beeinflußt das freifallende Gasventil in der Weise, daß bei konstantem Ventilschluß das Öffnen je nach der Maschinenleistung vom Regulator geändert wird.

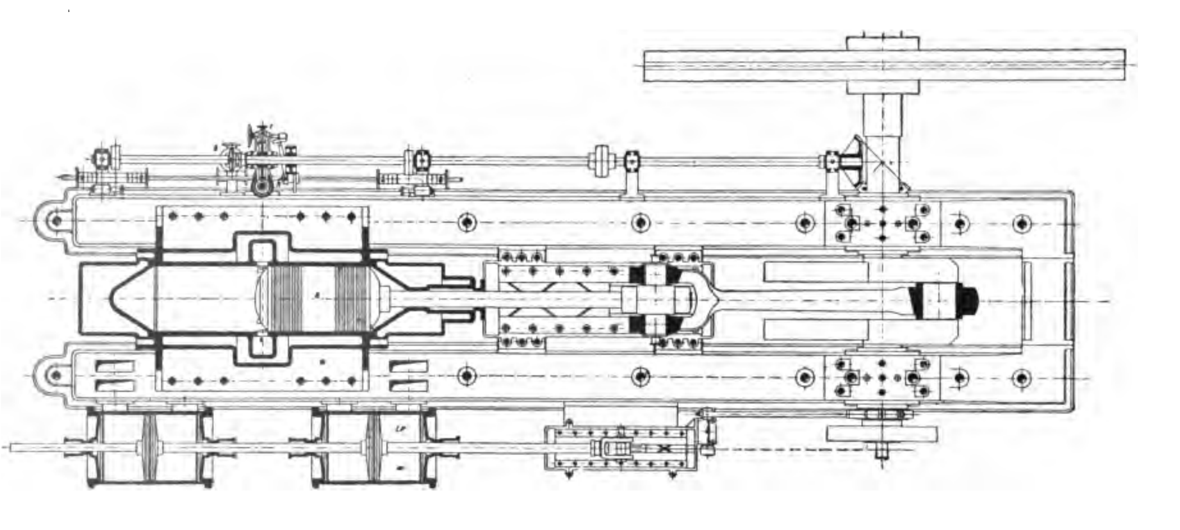


Fig. 10. **Doppeltwirkender Zweitaktmotor** in Größen bis 1000 PS.
Gebaut von Gebr. Körting, Aktiengesellschaft, Körtingsdorf bei Hannover, für den Betrieb mit Leuchtgas, Generatorgas und Gichtgas.

In der Mitte liegt der beiderseits geschlossene Arbeitszylinder mit je einem Gemischeinlaßventil. Auslaßschlitze für beide Seiten gemeinsam in der Mitte des Zylinderlaufes. — Seitwärts von ein und derselben Kurbelscheibe angetrieben, liegen doppeltwirkende Pumpen für Luft und Gas.

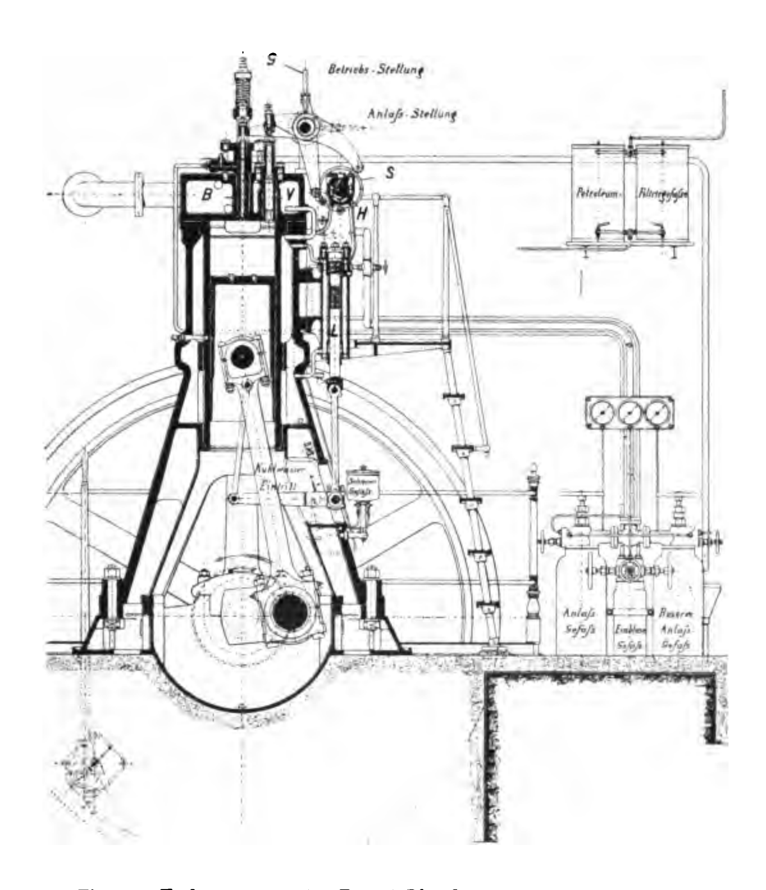


Fig. 11. **Verbrennungsmotor Patent Diesel** von 125 PS, Querschnitt.

Gebaut von der Firma Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg, Aktiengesellschaft, **Werk Augsburg.**

A Auslaßventil.
B Eintrittsventil für den durch Preßluft zerstäubten Brennstoff.
E Lufteintrittsventil für den Arbeitszylinder.
V Anlaßventil.
P Brennstoffpumpe.
I Luftpumpe für Zerstäube- und Anlaßluft.

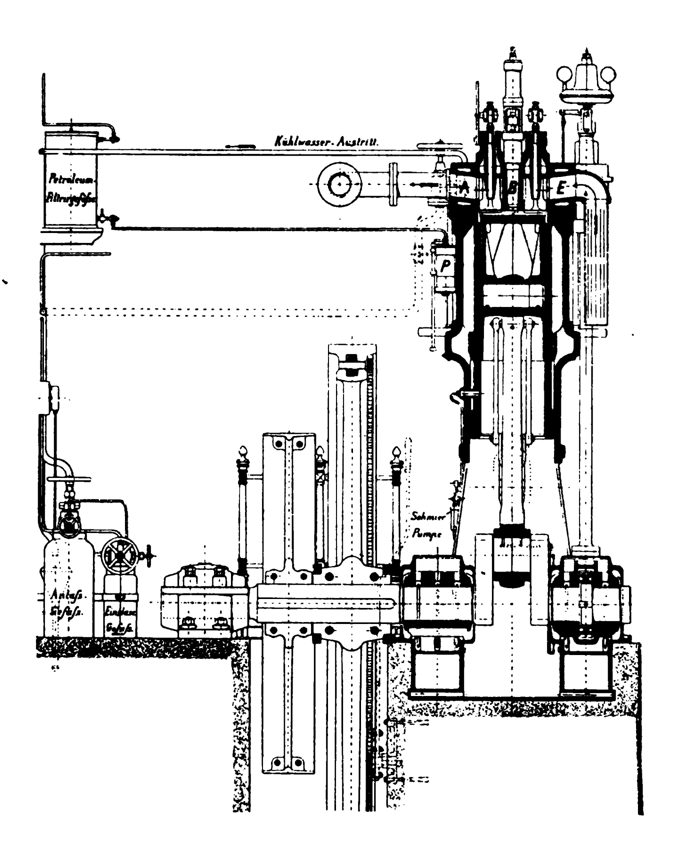


Fig. 12. Längsschnitt des in Fig. 11 dargestellten **Dieselmotors** von 125 PS im Viertakt arbeitend.

Arbeitsweise:

1. Beim ersten Niedergang des Kolbens Einsaugen atmosphärischer Luft in den Arbeitszylinder.
2. Beim dann folgenden Aufsteigen des Kolbens hohe Verdichtung der Luft und damit verbundene Erhitzung auf Zündtemperatur des Brennstoffes.
3. Zweiter Niedergang des Kolbens (Arbeitshub) bei allmählicher Einführung des Brennstoffes mittelst Preßluft, selbsttätige Entzündung, allmähliche Verbrennung und darauffolgende Expansion der Verbrennungsgase.
4. Zweites Aufsteigen des Kolbens und dadurch bewirktes Austreiben der verbrannten Gase.

Die Bauarten der Motoren.

Die liegende Bauart bietet die beste Gelegenheit für übersichtliche und bequemste Anordnung, sie ist, soweit Deutschland in Frage kommt, für den Gewerbebetrieb die gebräuchlichste. Einen genügend langen Kolben und gutes Zylindermaterial vorausgesetzt, sind die liegend gebauten Maschinen als diejenigen zu bezeichnen, bei denen man auf die längste Gebrauchsdauer rechnen kann. Als einzige Schattenseite dieser Bauart wäre anzuführen, daß sie einen großen Flächenraum für ihre Aufstellung beanspruchen.

Die stehende Bauart ist in Deutschland weniger im Gebrauch, sie herrscht in Amerika vor. Für größere Maschinen, welche gewerblichen Zwecken dienen, kann die stehende Bauart gerade durch ihre Höhe unbequem werden. In Städten ist häufig das Kellergeschoß der einzig verfügbare Raum, und hier gebricht es immer an Höhe. Hat schließlich auch die Maschine an und für sich Platz, so fehlt es doch an Höhe, um den Kolben herausziehen zu können.

Der Maschinenrahmen bildet den eigentlichen Körper des Motors, an ihm sind alle anderen Hauptteile befestigt und gelagert. Der Maschinenrahmen soll mit großer Basis auf dem Fundamentsockel aufruhen und den Arbeitszylinder in möglichst großer Länge unterstützen.

Bei Großmotoren muß die Form des Rahmens eine leichte und genaue Montage ermöglichen. Einem Verziehen des Rahmens bei seiner Befestigung auf dem Fundament soll nach Möglichkeit vorgebeugt sein.

Der Arbeitszylinder.

Das erste Erfordernis für den wirtschaftlichen Betrieb und die Dauerhaftigkeit eines Gasmotors ist ein genau bearbeiteter und aus gutem Material hergestellter Arbeitszylinder und ein ebensolcher Kolben. Beide Teile müssen aus hartem, dichtem Gußeisen hergestellt sein. Die »Bohrung« des Zylinders soll beim Hineinleuchten in allen Teilen eine vollkommen dichte, blanke Fläche zeigen, nirgends dürfen »Gußblasen« oder poröse Stellen, die auf ein lockeres Gefüge schließen lassen, sichtbar sein.

Da ein gleichmäßig dichter Guß nur dann erreicht wird, wenn der Zylinder ein einfaches schlichtes Gußstück von tunlichst gleicher Wandstärke bildet, so ist man schon seit langer Zeit dazu übergegangen, den eigentlichen Arbeitszylinder für sich allein zu gießen, nicht im Zusammenhang

mit dem Wassermantel oder gar mit dem Rahmen. Dieser sog. »Einsatzzylinder« ist dann dichtend in ein Gußstück eingesetzt, welches vom Maschinenrahmen und dem Wassermantel gebildet wird. Als gemeinsamer Abschluß für Zylindereinsatz und Wassermantel dient dann ein drittes Gußstück, bestehend aus dem Verbrennungsraum mit den Ventilgehäusen. An jedem sorgfältig konstruierten Gasmotor wird man diese drei Hauptteile leicht unterscheiden können.

Der Einsatzzylinder wird erheblich wärmer wie der Wassermantel, und es muß dafür gesorgt werden, daß ersterer sich unbehindert von letzterem ausdehnen kann. Zu diesem Zweck erfolgt die Abdichtung am Vorderende entweder durch eine Gummischnur oder eine Stopfbüchse.

Der Verbrennungsraum, welcher mit den Ventilgehäusen ein Gußstück bildet und gleichzeitig als Zylinderdeckel dient, ist den stärksten Drucken und höchsten Temperaturen ausgesetzt. Schon für Motoren von 20 PS hat man hier mit Drucken von 30 bis 35 Atm. zu rechnen; dementsprechend sind die Wandungen des Verbrennungsraumes und die Verbindungsschrauben mit dem Arbeitszylinder stark zu machen bzw. dicht gestellt zu wählen. Als Folge der großen Wandstärke macht sich bei großen Motoren der Übelstand bemerkbar, daß die innere Seite der Wand sich erheblich stärker wie die äußere ausdehnt und Risse in den Ecken entstehen, die den Verbrennungsraum unbrauchbar machen. In neuester Zeit begegnet man diesem Übelstand dadurch, daß der Verbrennungsraum als ein sehr kurzes Zylinderstück von demselben Durchmesser wie der Arbeitszylinder ausgebildet wird und zur Aufnahme der Ventile hergerichtet ist, während der Zylinderabschluß mit einem besonderen Deckel vorgenommen wird, der dann bei den doppeltwirkenden Motoren die Stopfbüchse der Kolbenstange aufnimmt. Aus Fig. 8 (S. 12) ist ein derartiger Verbrennungsraum ersichtlich.

Der Kolben ist an seinem Boden und in dessen Nähe sehr hohen Temperaturen ausgesetzt. Der Boden erhält bei kleineren Maschinen nur durch die von innen auf ihn treffenden kalten Ladebestandteile und von außen beim Hin- und Herschwingen durch Berührung mit der Außenluft Kühlung. Dementsprechend dehnt sich der Kolbenboden stärker wie der Arbeitszylinder aus.

Für Großmotoren kühlt man daher den Kolben mit Wasser und bei kleineren, wo dies Verfahren zu kostspielig ist, macht man den Kolben von vornherein hinten etwas

kleiner im Durchmesser, so daß er bei der erfahrungsmäßig eintretenden Erwärmung und der daraus folgenden Ausdehnung genau den Zylinderquerschnitt ausfüllt. Die elastischen Kolbenringe vermitteln das eigentliche »Abdichten«, während das vordere verhältnismäßig kühle Kolbenende den Seitendruck aufzunehmen hat und dementsprechend lang auszubilden ist. Sorgfältig konstruierte Kolben sind mindestens doppelt so lang wie ihr Durchmesser. Hierbei ist vorausgesetzt, daß die Pleuelstange unmittelbar im Kolben ihren Angriffspunkt findet. Ist eine »äußere Führung« durch gesonderten »Kreuzkopf« vorgesehen, namentlich also bei Großmotoren mit durchgehender Kolbenstange, so kann das »Tragende« des Kolbens fortfallen oder doch erheblich kürzer gehalten werden.

Die **Kolbenringe** sind sehr wichtige Teile der Gasmotoren. Ihrer Konstruktion ist die größte Aufmerksamkeit zu schenken. Sie sollen eine elastische Kolbenwand bilden und haben die Abnutzung für möglichst lange Zeit auf sich zu nehmen. Dabei soll aber auch der »Dichtungsdruck«, den sie auf die Zylinderwand ausüben, nicht stärker wie nötig sein, denn sie werden in diesem Fall zum Hemmschuh und vergrößern den »innern Widerstand« der Maschine ganz erheblich. Man achte darauf, daß die Ringe sich ohne großen Widerstand und ohne daß Verbiegungen eintreten, über den Kolben streifen lassen. Das sicherste Kennzeichen für gut passende Kolbenringe ist immer, daß sie bei jeder Besichtigung auf dem ganzen Umfang gleichmäßig abgeschliffen erscheinen. Sobald sich neu angeschliffene Flächen zeigen, sind die Ringe zu hoch im Querschnitt und verbiegen sich bei jedem Auf- und Abstreifen. Zu starke Ringe nutzen sich außerdem schnell ab, zerbrechen leicht beim auf- und abziehen, erfordern mehr Schmieröl und tragen dazu bei, daß sich die Ringnuten seitlich schnell erweitern. Die Kolbenringe wirken nur dann dichtend, wenn sie in ihren Nuten beweglich sind. Nach dem Grund der Nut zu muß der Ring ebenfalls Spiel haben, und die Reinigung des Kolbens erstreckt sich hauptsächlich auf die Entfernung von verdickten und verbrannten Ölresten aus den Ringnuten.

Werden die Ringe nicht an der Drehung gehindert, so zeigt sich, daß sie nach wenigen Stunden des Betriebes mit ihren Schnittfugen in einer Linie liegen und so den Treibgasen einen Weg ins Freie darbieten. Es muß also dafür gesorgt werden, daß die Kolbenringe mit richtig verteilten Schnittfugen auf dem Kolben durch Stifte in

ihrer Lage gesichert werden. Für liegende Motoren sind die Schnittfugen auf der unteren Hälfte des Zylinders zu verteilen, bei stehend gebauten steht hierfür der ganze Umfang zur Verfügung.

Die Kolbenringstifte sind aufs sorgfältigste im Grund der Nuten zu befestigen. Das einfache Einschrauben dünner runder Stifte genügt hierzu nicht, da diese sich durch die fortwährend wechselnde Druckrichtung des Ringes lockern und dann Längsnuten in die Zylindergleitfläche schleifen können. Man besichtige die Zylindergleitflächen in dieser Beziehung bei jedem Herausnehmen des Kolbens; sobald sich die Anfänge zu Längsnuten zeigen, ist der gelockerte Stift aufzusuchen und durch einen neuen zu ersetzen. Bei gut ausgeführten Gasmotoren wird man immer finden, daß der sicheren Befestigung der Kolbenstifte die größte Aufmerksamkeit geschenkt ist. Einige Fabriken nieten einen vierkantigen, die ganze Nutenbreite ausfüllenden Stift ein; andere formen ihn schlank konisch, lassen ihn innen lang hindurchreichen und sichern ihn dadurch, daß er innen umgebogen wird. Noch andere lassen einen runden Stift von größerem Durchmesser wie die Nutenbreite nur zur Hälfte in die Nut hineintreten. Dadurch bekommt der Stift seiner ganzen Länge nach in dem vollen Eisen der Kolbenwand Halt. Aus den Fig. 13, 14 und 15 sind diese Kolbenringstifte ersichtlich.

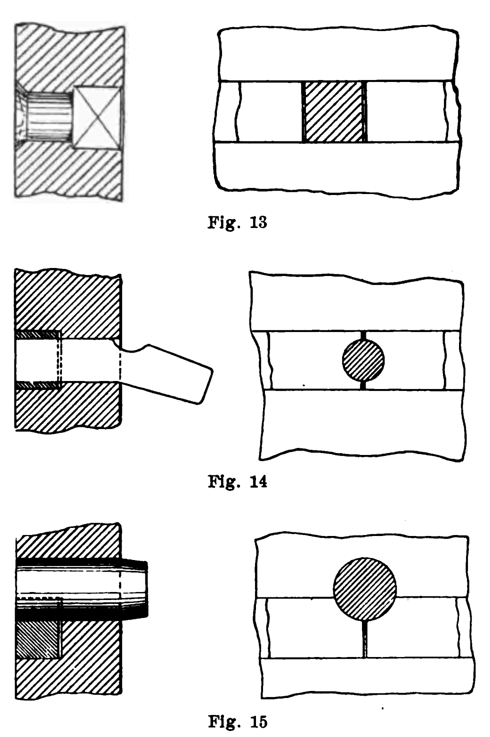


Fig. 13

Fig. 14

Fig. 15

Bei den Motoren, welche ohne äußere Kreuzkopfführung arbeiten, also fast alle Kleinmotoren und einfachwirkenden Viertaktmotoren mittlerer Größe, ist der **Kolbenzapfen** der Pleuelstange ein sehr empfindlicher Teil, er wird sehr heiß und ist der sicheren Schmierung sehr unzugänglich, namentlich bei stehend gebauten Motoren. Man kann annehmen, daß bei allen diesen Maschinen der Kolbenzapfen zu den Teilen gehört, welche zuerst ersetzt werden müssen. Am besten hält sich noch die Konstruktion, bei der der Bolzen in der Pleuelstange festsitzt und zu beiden Seiten ein Kolben drehbar ist. Bei liegenden Maschinen erfolgt die Zuführung des Schmieröls am besten durch die Zylinderwand hindurch. Eine Zuführung des Öls durch lange, in den Kolbenhohlraum hineinreichende Röhren mit Gelenken oder gar die Verwendung konsistenten Fettes sind als ganz unzulänglich zu bezeichnen.

Ventile.

Die Ventile der Gasmotoren vermitteln den Eintritt der Ladung und den Austritt der verbrannten Gase, sie sind den hohen Drucken und Temperaturen, welche im Verbrennungsraum herrschen, ausgesetzt, und sollen trotz dieser ungünstigen Verhältnisse ihren Dienst zuverlässig verrichten. Namentlich ist es das Auslaßventil, an welches die größten Ansprüche gestellt werden. Für Motoren von etwa 60 PS an muß man schon dazu schreiten, wassergekühlte Ventilkegel und Ventilführungen zu verwenden.

Die empfehlenswerteste Form für das Ein- und Auslaßventil ist immer das aus Bessemerstahl gefertigte einfache Kegelventil. Ventile mit Glocken, Doppelsitzventile und ähnliche Künsteleien bewähren sich auf die Dauer nicht. Ventile mit Schieberglocken verwendet man nur für Misch- und Regulierzwecke. Ein- und Auslaßventile sollten immer stehend angeordnet werden. Sie müssen möglichst lang und bis dicht an den Ventilteller geführt sein. Besondere Sorgfalt ist auf Konstruktion der Bewegungsorgane der Ventile zu verwenden; auch der geringste Seitendruck auf die Führung ist dabei zu vermeiden. Das Herausheben des Ventilkegels, die Besichtigung und das Nachschleifen soll in bequemster und schnellster Weise ausführbar sein.

Je mehr Sorgfalt in dieser Hinsicht aus der Konstruktion eines Motors spricht, um so mehr Vertrauen kann man zu ihm haben.

Die von der Steuerung angehobenen Ventile müssen den ein- und austretenden Gasen genügend freien Quer-

schnitt darbieten, als Anhalt gelte eine mittlere Strömungsgeschwindigkeit von 20 bis 30 m pro Sekunde im Öffnungsspalt. Für kleine Motoren geringere, für große Ausführungen größere Geschwindigkeit. In Fig. 16 ist der Kopf eines kleinen Auslaßventils dargestellt, bei dem der Öffnungsspalt durch Pfeile hervorgehoben ist. Der Hub des Ventils ist möglichst klein zu bemessen. Das Öffnen und Schließen hat hinsichtlich der freiwerdenden Querschnitte der steigenden und sinkenden Geschwindigkeit des Kolbens zu folgen. In den Ventilgehäusen sind scharfe Krümmungen, Kanten, Verengungen und schroffe Querschnittsübergänge zu vermeiden.

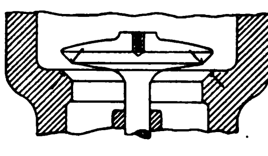


Fig. 16

Das Auslaßventil wird von den sehr heißen Verbrennungsgasen durchströmt. Nur bei kleinen Maschinen unter 2 PS sind ungekühlte Gehäuse zulässig. Da die Verbrennungsgase rostbildend wirken, so setzt sich die Auslaßventilspindel bei längeren Betriebspausen leicht fest. An der Führung dieses Ventils muß also eine Schmiervorrichtung vorgesehen sein, von der aus Petroleum an die Spindel geleitet werden kann. Während des Betriebes darf hier nicht geschmiert werden.

Das Einlaßventil sollte auch bei Motoren kleinster Ausführung immer gesteuert werden. Mit selbsttätig arbeitenden Einlaßventilen können die Zylinderabmessungen für die Krafterzeugung nie voll ausgenutzt werden; außerdem vibrieren selbsttätige Ventile beim Arbeiten und verursachen ein lästiges Geräusch.

Die Mischventile haben den Zweck, Luft und Brennstoff während des Eintritts in den Arbeitszylinder in stets gleichbleibendem Verhältnis einzuführen und zu mischen. Damit dieser Zweck wirklich erfüllt wird, müssen sie dann aber auch für jedes Maß ihrer Erhebung Querschnitte frei legen, welche dem Mischungsverhältnis entsprechen. Ventile, bei denen z. B. die Gasöffnungen schon ganz frei sind, während sich die Luftöffnungen noch weiter öffnen, können nicht Mischventile genannt werden. Endlich ist noch zu erwähnen, daß sich für kleinere Leuchtgasmotoren, welche von Hand angelassen werden, selbsttätige Mischventile, die vor dem gesteuerten Einlaßventil liegen, am besten eignen. Auch bei ganz langsam, selbst in Absätzen angedrehtem Schwungrad geht bei dieser Ventil-

anordnung der Motor sicher an. Als eine weitere gute Eigenschaft des selbsttätigen Mischventils ist hervorzuheben, daß damit ausgerüstete Maschinen bei Überlastung viel tiefer wie andere in der Tourenzahl sinken können, ohne zum Stillstand zu kommen. Wird die Überlastung nur rechtzeitig beseitigt, so nehmen sie die normale Geschwindigkeit auch sofort wieder auf. Fig. 17 zeigt ein selbsttätiges Mischventil einfachster Konstruktion, bei welchem für jede Erhebung die Öffnungen für Gas und Luft dasselbe Querschnittsverhältnis beibehalten.

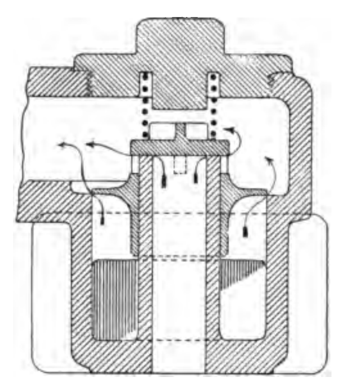


Fig. 17

Geschwindigkeitsregulierung.

Für die Geschwindigkeitsregulierung der Gasmotoren sind folgende Verfahren im Gebrauch:

1. durch Ausfallenlassen der Ladung (Aussetzerregulierung),
2. durch Ändern der Ladungsmenge,
3. durch Ändern der Zusammensetzung des Gemisches,
4. durch Verlegen des Zündzeitpunktes.

Die Aussetzerregulierung ist die älteste und für Kleinmotoren noch heute am häufigsten angewandte, sie erzielt den wirtschaftlichsten Betrieb und ist überall dort am Platz, wo es nicht auf eine große Regelmäßigkeit des Ganges ankommt. Es sind hauptsächlich folgende Ausführungsarten der Aussetzerregulierung im Gebrauch:

a) die durch Aussetzen der Gaszufuhr mit Beibehaltung der Lufteinnahme und Verdichtung der Luft. Bestes Ergebnis für den Leergang. Zehn Leergänge auf einen Vollgang.
b) Durch Aussetzen der Einnahme von Gas und Luft und Aufhebung der Verdichtung. Erreicht wird dieser Vorgang durch Abstützen des Auslaßventils in geöffneter Stellung, so daß also nicht neue Ladung, sondern die soeben ausgestoßenen

Verbrennungsprodukte wieder in den Zylinder zurückgesaugt werden, bis sich ein neuer Kraftimpuls nötig macht.

c) Durch Geschlossenhalten des Auslaßventils. Bei dieser Ausführungsart werden also die Verbrennungsprodukte zeitweise nicht ins Freie entlassen, sondern so lange im Zylinder »geknetet«, bis ein neuer Kraftzuwachs erforderlich wird. Diese Ausführungsart ist wenig im Gebrauch.

Die Regulierung durch Ändern der Ladungsmenge (Füllungs- oder Quantitätsregulierung) kann ausgeführt werden: a) durch Verengen und Erweitern des Einlaßkanals mittels Drosselklappe oder Ringschieber, b) durch Ändern des Einlaßventilhubes oder Ändern der Erhebungszeit des Einlaßventils, c) durch früheren oder späteren Schluß des Auslaßventils bei selbsttätig arbeitendem Einlaßventil, d) durch Zurückdrücken eines Teils der Ladung in den Einlaßtopf.

Die Verwendung der Füllungsregulierung ist überall dort angebracht, wo es auf gleichmäßigen Gang der Maschine ankommt, sie ergibt bei Verwendung genügend hoher Kompression regelmäßigen Gang und auch guten Gasverbrauch für geringe Belastungen. Dabei regelmäßige Zündungen bis auf den Leergang herunter. Für Großmotore ist die Füllungsregulierung die am häufigsten benutzte.

Die Regulierart durch Ändern des Mischungsverhältnisses (Gemisch- oder Qualitätsregulierung) kann durch Drosseln der Gaszufuhr, Verkleinerung oder Verkürzung des Gasventilhubes erfolgen. Diese Regulierart ergibt bei kleinen Motoren in Nähe des Leerganges unsichere Zündung und keinen günstigen Gasverbrauch bei stark wechselnder Belastung. Man findet sie daher selten, und dann in der Weise mit Aussetzerregulierung vereint, daß die Gaszufuhr nur bis zu der Kraftminderungsgrenze gedrosselt wird, bei der die Zündungen noch regelmäßig erfolgen, dann wird der schraubenflächenartige Gasventildaumen ganz zur Seite geschoben und die Maschine arbeitet nun mit Aussetzern weiter.

Die Regulierart durch Verlegen des Zündzeitpunktes ist nur bei ganz kleinen Maschinen, welche nach Art der Automobilmotoren gebaut sind, in Verwendung, sie setzt das Vorhandensein elektrischer Zündung (Kerzenzündung) voraus und ist die einfachste aber auch die am unwirtschaftlichsten arbeitende Regulierart. An Regulierarten ist also bei den Gasmotoren kein Mangel.

Für die Arten, bei denen es sich um Ändern der Füllung oder der Mischung handelt, bei denen also für die verschiedenen Belastungen Drosselorgane in bestimmter Stellung zu erhalten sind, werden die allbekannten »Zentrifugal-Regulatoren« verwendet. Für die Aussetzerregulierungen, bei denen Ventile außer Tätigkeit zu setzen sind oder in geöffneter Stellung gehalten werden müssen, haben sich die Pendelregulatoren oder auch das streifende Schwunggewicht eingebürgert.

Von den Regulatoren für »Füllung« oder »Mischung« muß man verlangen, daß sie sich für jedes bestimmte Maß der Kraftentnahme »einstellen«, d. h. ist die Kraftentnahme eine gleichmäßige, so muß der Regulator in einer bestimmten Stellung verharren.

Die Pendelregulatoren, welche bei Aussetzerregulierung verwendet werden, sollen bei möglichst geringen Schwankungen in der Umdrehungszahl so wirken, daß ein »Abschnappen« der Klinken nicht stattfindet.

Zündvorrichtungen.

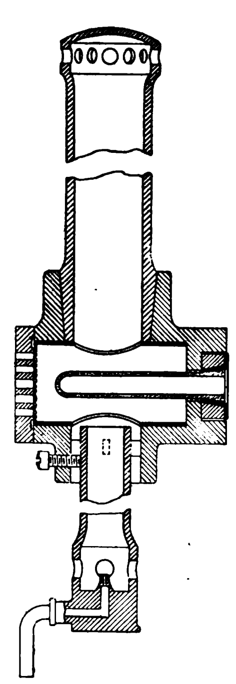


Fig. 18

Die Zündvorrichtung ist der eigenartigste Teil des Gasmotors, mit ihrer Hilfe wird die Zündwärme rechtzeitig in das Innere des Verbrennungsraumes hineingetragen. Als Träger der Zündwärme (Zündtemperatur) sind in Gebrauch brennende Gase, glühende feste Körper und der elektrische Funke.

Brennende Gase, d. h. also Flammen als Zündmittel zu benutzen, ist nur noch wenig im Gebrauch. Zurzeit sind es die Glührohrzündung und der elektrische Funke, welche die meiste Anwendung finden. Die Glührohrzündung bei den billigen Kleinmotoren, die elektrische Zündung bei allen anderen Verwendungsarten und Größen.

Die Glührohrzündung ist Anfang der achtziger Jahre von Gottlieb Daimler, dem Begründer der bekannten Automobil- und Motorenfabrik »Daimler-Motorengesellschaft«, erfunden worden, und ist die einfachste und betriebssicherste Zündung, die wir besitzen. Sie

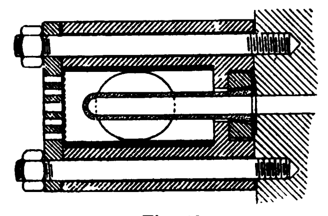


Fig. 19

besteht aus dem von außen her in Glut versetzten, in Fig. 18 und 19 ersichtlichen Porzellanrohr, dessen Inneres in ständig offener Verbindung mit dem Verbrennungsraum steht. Nach jeder Arbeitsperiode bleibt das Rohr mit verbrannten Gasen erfüllt, auch während des Ansaugens der neuen Ladung ist dies der Fall, erst wenn die Verdichtung beginnt, dringt auch zündbares Gasgemisch in das Rohr ein, die Verbrennungsprodukte werden immer mehr nach dem geschlossenen Ende des Rohres hin zusammengedrängt, bis schließlich das zündbare Gemisch die Glühzone des Rohres erreicht und sich dort entzündet. Die gebildete Flamme schlägt nun nicht, wie man anzunehmen geneigt ist, sofort in das Innere des Verbrennungsraumes zurück, sondern wird im Rohr noch so lange durch nachdringendes Gemisch zurückgehalten, wie die Verdichtung andauert. Erst zu Ende der Verdichtungsperiode gewinnt die Brenngeschwindigkeit des Gemisches im Rohr die Überhand, die Flamme eilt dem Verbrennungsraum zu und erreicht ihn dann sicher in der Nähe des Totpunktes. Je länger das Rohr ist, je schneller der Motor läuft, um so später erfolgt die Zündung und umgekehrt wird die Zündung verhältnismäßig früh erfolgen, wenn die Maschine langsam läuft und das Zündrohr kurz ist.

Beim Anlassen des Motors, wenn das Schwungrad verhältnismäßig langsam von Hand gedreht wird, kann bei Verwendung eines kurzen Zündrohres die Zündung also leicht vor überschrittenem Totpunkt erfolgen, das Rad verkehrt herumschlagen und den Wärter in Gefahr bringen. Bei schnellaufender Maschine kann sich die Zündung verspäten. Es fördert die Wirtschaftlichkeit des Betriebes bedeutend, wenn die Zündung etwas vor dem Totpunkt eingeleitet wird; die Verbrennung soll dann gerade beendigt sein, und hierin liegt die Unvollkommenheit der Glührohrzündung. Ihr fehlt die Möglichkeit der Regulierung. Durch Verschieben des Zündortes nach innen, d. h. durch Verkürzen der wirksamen Zündrohrlänge können wir zwar den Zündzeitpunkt etwas vor dem Totpunkt erfolgen lassen, aber die Zündung bei normaler Drehgeschwindigkeit weit genug vor dem Totpunkt erfolgen zu lassen, ist nicht möglich.

Eine weitere unangenehme Zugabe bei der Glührohrzündung ist die Heizflamme. Wir brauchen bei Gasmotoren

zur Zündung Hellrotglut, also auch eine Heizflamme, mit der diese Temperatur dem Zündrohr sicher mitgeteilt werden kann. Hierzu eignet sich nur das Leuchtgas, mit dem »armen« Generatorgas können wir diese Temperatur nicht hervorbringen. Die Verwendung der Glührohrzündung ist demnach nur eine beschränkte, und überall, wo es auf den Gasverbrauch und die Sicherheit des Anlassens ankommt, ist jetzt die **elektrische Zündung** in Anwendung, die zwar nicht so unempfindlich gegen äußere Einflüsse wie die Glührohrzündung ist, aber doch den heutigen Ansprüchen insofern am meisten gerecht wird, als man mit ihr zünden kann wann und wo man will.

Von den Elektrizitätsquellen, welche zur Erzeugung des Zündfunkens benutzt werden, sind die magnetelektrischen Stromerzeuger, die Akkumulatoren und galvanischen Batterien im Gebrauch, die beiden letzteren nur bei Kleinmotoren. Die Benutzung der magnetelektrischen Stromerzeugung überwiegt in dem Maße, daß die Verwendung anderer Stromquellen nur als Ausnahmen zu bezeichnen ist.

In seiner Urform ist der heute bei den Verbrennungsmotoren verwandte magnetelektrische Stromerzeugungsapparat eine Erfindung von Werner Siemens. Durch Robert

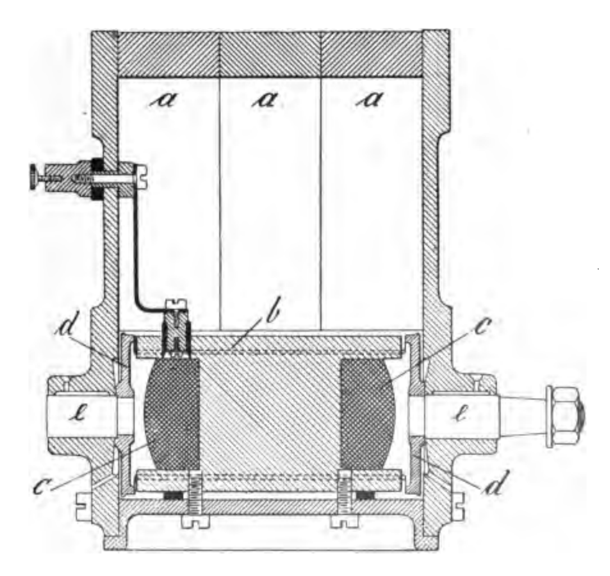


Fig. 20

Bosch in Stuttgart ist er in geeignete Form als »Funkengeber« für Verbrennungsmotoren gebracht worden.

Beim Boschschen Zündapparat, Fig. 20 und 21, wird nicht der schwere I Anker *b* in schwingende Bewegungen versetzt, sondern ein leichtes Polschuhrohr *d*, und die Stromabnahme braucht nicht durch einen Schleifkontakt vermittelt werden, sondern kann von der ruhenden Drahtspule des Ankers erfolgen.

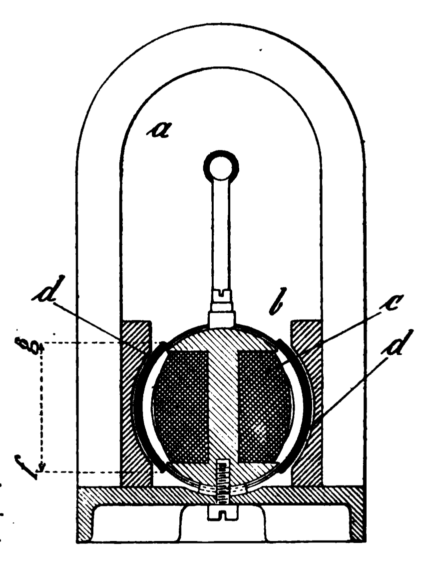


Fig. 21

Als Vorzüge der magnetelektrischen Zündung vor der Glührohrzündung sind anzuführen:

1. Unmittelbare Betriebsbereitschaft und Unversiegbarkeit des Zündmittels.
2. die Vermeidung jeder Feuersgefahr, da die Funkenbildung nur im Innern des Motores stattfindet,
3. die Möglichkeit, den Zündort dort hinlegen zu können, wo die Verbrennung am sichersten und richtigsten eingeleitet ist,
4. die Möglichkeit, den Zündzeitpunkt nach Belieben vor- und rückwärts verlegen zu können.

Als Nachteile sind anzuführen:

1. das sog. Schwitzen der Isolierhülse im Innern des Verbrennungsraumes und damit verbundene Isolationsstörung,
2. das Überziehen der Isolierhülse mit Ölkohle und damit verbundene Isolationsstörung,
3. die Schwierigkeit, die sog. »Kontakthebelwelle« leichtbeweglich und doch dichtend in ihrem Lager zu erhalten,
4. die Zerbrechlichkeit des Isoliermaterials bzw. Zerstörbarkeit durch die hohe Temperatur.

Das Zündgebiet des elektrischen Funkens ist ein sehr kleines und die Verbrennung entwickelt sich viel langsamer wie bei der Flammen- oder Glührohrzündung. Für schnelllaufende Motoren muß man also die elektrische Zündung viel früher einsetzen lassen wie bei den anderen Zündarten, damit die Verbrennung im Totpunkt beendigt ist und die Wärme bestens ausgenützt werden kann. Würde man nun den Zündzeitpunkt auch für das Anlassen, also bei langsam gedrehter Maschine, ebenso früh wie bei normaler Drehgeschwindigkeit wählen, so liefe der Wärter Gefahr, von dem dann verkehrt herumschlagenden Schwungrad umgerissen zu werden. An jedem gut konstruierten Motor muß deshalb eine Einrichtung vorhanden sein, mittelst welcher der Zündzeitpunkt während des Ganges zurückgelegt werden kann.

Bei schnellaufenden Maschinen macht sich bei Benutzung elektrischer Zündung häufig die Störung bemerkbar, daß die sehr heiß werdende »Kontakthebelwelle» festsitzt, da außerdem das sog. Abreißgestänge mit der Einrichtung für Verlegung des Zündzeitpunktes kostspielig ist, so zeigt sich seit einigen Jahren Neigung für eine andere Art der Zündung, bei welcher das Abreißgestänge und die bewegliche Kontakthebelwelle fortfallen. Der vom magnetelektrischen Apparat erzeugte schwache Strom wird hier durch eine Induktionsspule auf so hohe Spannung gebracht, daß er einen genügend starken Funken erzeugen kann, um zwischen ruhenden Spitzen auf genügende Entfernung im Verbrennungsraum überspringen zu können. Die Hülse mit den Zünddrähten, welche bei den Automobilzündungen viel im Gebrauch ist, nennt man »Kerze«. Für die Stromunterbrechung, d. h. also für die Funkenbildung werden dann »Unterbrecher« verwendet. Auch diese Zündungsart hat ihre Mängel. Die Platinspitzen, zwischen denen der hochgespannte Strom überspringt, oxydieren mit der Zeit und stören so die Funkenbildung. Auch die Schleifkontakte sind unangenehme Zugaben.

Soviele Vorzüge also die elektrische Zündung haben mag, eine vollkommene Lösung des Zündproblems stellt sie noch nicht dar.

Es gibt auch noch eine Art der magnetelektrischen Zündung, bei welcher der Kontakthebel im Innern des Verbrennungsraumes angebracht ist und dadurch von dem isolierten Stift abgerissen wird, daß der Kolben selbst im Totpunkt gegen den Hebel stößt. Diese Kolbenkontakt-

zündung ist jedoch wenig im Gebrauch; der innenliegende Hebel wird sehr heiß und nutzt sich an seiner Drehachse stark ab.

Bei einem in allerneuester Zeit von der Firma Konrad Mangold in Stuttgart auf den Markt gebrachten magnetelektrischen Zündapparat ist das »Abreißgestänge« und der sog. Zündstutzen vermieden. In einem den Zündkerzen ähnlichen Einführungsstück liegt ein Elektromagnet, welcher die Funktionen der Abreißvorrichtung übernimmt, indem er stets rechtzeitig durch den Strom des magnetelektrischen Apparates erregt wird.

Die Schmierapparate.

Je höher die Temperatur der Zylinderwand eines Gasmotors gesteigert werden kann, ohne die Gleitfähigkeit des Arbeitskolbens zu gefährden, um so mehr Wärme kann in Arbeit verwandelt werden. Zum Schmieren des Zylinders müssen wir also ein Öl verwenden, welches eine möglichst hohe Temperatur erträgt. Neben der guten Schmierfähigkeit des Zylinderöles bei hohen Temperaturen soll es keine freie Säure enthalten, und es soll sich auch im Laufe seiner Erhitzung keine solchen bilden.

Die Öle tierischen und pflanzlichen Ursprunges, das Knochenöl, der Talg, das Baumöl und Rüböl zersetzen sich schon bei verhältnismäßig niedriger Temperatur und sind zum Schmieren der Motorzylindeı nicht zu verwenden. Hier sind es die Mineralöle, die uns aus der Not geholfen haben, mit Hülfe deren es überhaupt erst gelungen ist, Gasmotoren auf die Dauer betreiben zu können.

Das Mineralöl ist ein Destillationsprodukt des Rohpetroleums. Nachdem die leicht flüchtigen Kohlenwasserstoffe, der Petroleumäther, das Benzin und das Lampenpetroleum überdestilliert sind, werden bei steigender Temperatur die Schmieröle von verschiedenem spezifischen Gewicht gewonnen. Je schwerer das Öl, um so dickflüssiger und um so schwerer verdampfbar ist es.

Zylinder und Kolben des Gasmotors bedürfen einer ununterbrochenen gleichmäßigen Schmierung, und es ist unbedingt nötig, daß das An- und Abstellen des Ölzuflusses selbsttätig ohne Zutun des Wärters erfolgt; denn durch Versäumnis der Zylinderschmierung entsteht die Gefahr, daß die Zylinderbohrung in kurzer Zeit beschädigt wird oder gar der Kolben im Zylinder festsitzt.

Solange die Gasmotoren mit verhältnismäßig niedrigen Kompressionsdrucken arbeiteten, genügte es, das Schmieröl

auf das vordere Kolbenende und in das vordere Zylinderende tropfen zu lassen. Je höher dann aber die Kompression gewählt wurde, um so höher stieg auch der Arbeitsdruck und um so mehr erwies es sich als nötig, den Ölzuführungsort weiter nach dem Verbrennungsraum hin zu verlegen, und das Öl auch unter Druck mit Hilfe von Ölpumpen einzuführen. Als äußerster Punkt für die Ölzuführungsöffnung ist dann die Stelle zu wählen, an welcher sich der letzte Ring bei ganz ausgeschobenem Kolben befindet.

Für Motoren bis 300 Zylinderdurchmesser genügt eine Ölzuführung vom höchsten Punkt der Zylindergleitfläche, bei Großmotoren legt man noch zu beiden Seiten je eine Ölzuführung an.

Einrichtungen, durch welche auch bei Druckschmierung die Zylinderschmierung stets kontrollierbar gemacht wird, etwa durch Aufsteigenlassen der Öltropfen unter Salzwasser sind zu empfehlen.

Für kleine Motoren stehender Bauart mit geschlossenem Kurbelgehäuse ist vielfach die Schmierung durch »Ölspülung« im Gebrauch.

Solange hier Einrichtungen vorhanden sind, mittelst welcher der Ölstand im Innern des Kurbelgehäuses auf ein bestimmtes Maß beschränkt wird und der Kolben einigermaßen dicht hält, ist diese Schmierung zu empfehlen.

Treffen diese Voraussetzungen aber nicht mehr zu, so wird diese Art unzuverlässig und kostspielig.

Zweiter Abschnitt.

Ausrüstungsteile der Gasmotoren.

Eine der größten Schattenseiten der Verbrennungsmotoren ist es, daß sie nicht ebenso wie die Dampfmaschinen und Elektromotoren selbsttätig angehen. Nur die allerkleinsten Motoren kann man ohne weiteres »von Hand« andrehen, bis die erste Zündung erfolgt. Bei langsamlaufenden Kleinmotoren macht sich die Überwindung der Kompression aber schon als ein so bedeutender Widerstand bemerkbar, daß er von einem Mann nur schwer zu bewältigen ist, und müssen hier jene Erleichterungsvorrichtungen für das Anlassen angebracht werden, welche als »Anlaßventile« und »Kompressionsentlastungen« bekannt sind. Das Anlaßventil ist ein feststellbares Rückschlagventil, welches an einer bestimmten Stelle in die Arbeitszylinderwand eingeschraubt wird. Es wirkt in der Weise, daß der Teil der Ladung, welcher den Zylinderraum vom Anfang des Hubes bis zur Befestigungsstelle des Ventiles erfüllt, durch dieses entweichen kann, und nur der verbleibende Rest zur Verdichtung gelangt. Dementsprechend wird auch der Widerstand beim Andrehen vermindert. Hat die Maschine den regelmäßigen Gang aufgenommen, so wird das Anlaßventil fest heruntergeschraubt und der gesamte Zylinderinhalt kommt nun zur Verdichtung.

Die »Kompressionsentlastung« besteht aus einem zweiten kurzen Daumen auf der Auslaßdaumenscheibe, welcher so gesetzt ist, daß er bei Längsverschiebung der Scheibe den Auslaßhebel trifft, ihn für kurze Zeit anhebt und damit einen Teil der Ladung ins Freie gelangen läßt. Der Widerstand beim Andrehen wird also auch hierdurch verringert. Hat die Maschine ihre normale Umdrehungsgeschwindigkeit erreicht, so schiebt man den

Daumen wieder in die Lage, bei welcher der Auslaßhebel von dem Auslaßdaumen allein getroffen wird.

Eine andere Art von Erleichterungsvorrichtungen für das Anlassen kleiner Motore ist die »Anlaßkurbel«, welche sich namentlich bei den Automobil- und Bootsmotoren eingebürgert hat.

Diese Maschinen sind mit so kleinen Schwungrädern ausgerüstet, daß man durch Nachgreifen am Schwungradkranz das Andrehen nicht bewirken kann. Zum Anlassen wird daher eine Handkurbel benutzt, welche auf das verlängerte Kurbelwellenende zu stecken ist und dies durch Sperrzähne mitnimmt. Sobald sich der Motor in Gang gesetzt hat und schneller läuft, wie man mit der Kurbel nachfolgen kann, wird diese selbsttätig aus der Eingriffsstellung geschoben und kann leicht abgezogen werden, oder wird durch eine Feder außer Eingriff gehalten.

Die Benutzung der Anlaßkurbel birgt Gefahren in sich, namentlich bei solchen Motoren, die mit ungesteuerter Glührohrzündung arbeiten, und auch dann, wenn vergessen wurde, bei elektrischer Zündung den Zündzeitpunkt für das Anlassen zurückzulegen. Hierbei kann die Zündung zu früh erfolgen und die Maschine nach rückwärts herumschlagen. Die Kurbel kommt dann nicht außer Eingriff und kann den Anlassenden verletzen.

Mit Vorsicht und Geschick gehandhabt, ist die Anlaßkurbel aber ein treffliches Hülfsmittel zur Ingangsetzung der kleinen Motoren.

Größere ortsfeste Motoren, etwa von 15 PS ab, können nicht mehr durch einen einzelnen Mann »von Hand« angedreht werden, auch wenn Kompressionsentlastung angebracht ist. Schon von dieser Größe ab empfiehlt sich die Verwendung verdichteter Luft für das Anlassen. Die hierzu dienenden Einrichtungen sind sehr einfach und bestehen aus dem Behälter für die verdichtete Luft, der nach dem Motor führenden Druckluftleitung und einem Einlaßventil am Verbrennungsraum, durch welches die verdichtete Luft in den Zylinder gelassen werden kann.

Vor Benutzung ist der Motor in den der Zündung entsprechenden Totpunkt zu drehen und der Gashahn zu öffnen, alsdann wird das Druckluftventil auf kurze Zeit geöffnet und mittelst der nun einströmenden Luft dem Motor ein energischer Antrieb erteilt. Ist der Kolben ans Ende des Hubes gelangt, so öffnet sich das Auslaßventil, die Treibluft tritt während des Rückganges ins Freie und meistens wird das Schwungrad schon genügend lebendige

Kraft angesammelt haben, um den Hub für die Ladungsaufnahme und für die verringerte Kompression zu bewirken. Bei der folgenden Zündung kommt dann schon der Antrieb durch verbrennende Ladung und damit der Beginn des Betriebes. Nach einiger Übung weiß der Wärter genau, welche Luftfüllung er dem Motor zu geben hat, damit er sich sicher in Gang setzt.

Nur zu Anfang der Inbetriebnahme eines Motors, wenn der Kolben noch schwer geht und die übrigen Teile sich noch nicht eingelaufen haben, ist es nötig für zwei oder drei aufeinanderfolgende Arbeitshübe die Treibluft eintreten zu lassen, damit die Maschine genügende Geschwindigkeit erlangt. Der Gashahn ist dann zu öffnen, wenn die Druckluft abgestellt ist. Der Druck im Luftbehälter für das Anlassen der Motoren wird sehr verschieden gewählt. Man findet Anlagen mit 6 und solche, bei denen 16 Atm. vorgesehen sind. 6 bis 8 Atm. kann wohl als für alle Fälle ausreichend bezeichnet werden. Hierbei genügt ein Inhalt des Luftdruckbehälters für etwa 10 Anlaßfüllungen.

Zum Füllen der Behälter werden »Kompressoren« verwendet, die von kleinen Gasmotoren oder Elektromotoren anzutreiben sind, oder die Füllung wird durch den »Auslauf« des Motors bewirkt, der dann als Kompressor wirkt. Dabei ist aber vorausgesetzt, daß der betreffende Motor mit mindestens 10 Atm. Kompression arbeitet, um genügende Spannung im Druckbehälter zu erhalten.

Die bequemste Anlaßvorrichtung ist die mit Hilfe des elektrischen Stromes. Es ist dabei vorausgesetzt, daß der Motor selbst ein Elektrizitätswerk betreibt und außerdem noch durch eine Akkumulatorenbatterie oder durch Anschluß an eine andere elektrische Zentrale Strom erhalten kann. Man macht in diesem Falle die sonst angetriebene Dynamomaschine durch Hineinleiten des Hilfsstromes zum Elektromotor und setzt damit den Gasmotor in Bewegung, bis die Zündungen regelmäßig erfolgen. Natürlich ist hierbei, wie bei jedem Anlassen, die Kompressionsentlastung einzurücken.

Auch die Verbrennungsprodukte, welche während des Betriebes des Motors in einem besonderen Behälter unter dem Verbrennungsdruck aufgefangen werden, hat man an Stelle der verdichteten Luft für das Anlassen verwendet. Da die Verbrennungsprodukte aus Kohlensäure, Wasserdampf und dem Stickstoff der Verbrennungsluft bestehen, so wird sich der Wasserdampf im Behälter zum Teil als Wasser niederschlagen und sind dementsprechend

Entwässerungshähne vorzusehen. Die Benutzung der verdichteten Verbrennungsprodukte ist wenig im Gebrauch, ebenso auch die Verwendung verdichteten Gemisches, welches in der Zündpunktstellung des Motors durch eine besondere kleine Gemischpumpe in den Verbrennungsraum gepumpt und von Hand zur Entzündung gebracht wird.

Der Einlaßtopf.

Der an den meisten Motoren angebrachte sog. Ansauge- oder Einlaßtopf hat den Zweck, das schlürfende Geräusch, welches sich beim Ansaugen der Ladung bemerkbar macht, zu »dämpfen«, außerdem sollen gröbere Verunreinigungen der Luft hier niederfallen.

Der Inhalt des Einlaßtopfes ist ungefähr gleich dem zweifachen des Zylinders. Sehr häufig wird der Hohlraum des Maschinenrahmens als Einlaßtopf verwendet, es ist dann aber zu empfehlen, das Fundamentmauerwerk innerhalb der Ankerbolzen durch eine Eisenblechplatte abzudecken, damit der Mörtel oder die Ziegelsteine des Fundamentes nicht durch »Rückschläge«, welche in den Hohlraum fahren, zertrümmert werden können und dann in Staubform mit der Luft in den Zylinder geraten.

Der Auspufftopf oder Schalldämpfer.

Die Auspuffgase der Verbrennungsmotoren bestehen aus Wasserdampf, Kohlensäure und Stickstoff. Während Stickstoff und Kohlensäure in die Luft entweichen, schlägt sich, namentlich im Winter, ein großer Teil des Wasserdampfes in der Rohrleitung nieder. Da 1 cbm Gas bei seiner Verbrennung ca. 900 g Wasser liefert, so ist die Menge des Verbrennungswassers eine erhebliche und sind dort, wo das Auspuffrohr nach oben abgeführt wird, Einrichtungen nötig, um zu verhindern, daß das Wasser in den Motor tritt. Zwischen Motor und Auspuffleitung muß also an einem tief gelegenen Punkt ein Behälter — der Auspufftopf — eingeschaltet werden, in dem sich das Wasser ansammeln und bequem abgelassen werden kann. Daneben dient der Auspufftopf noch dem Zweck, das Auspuffgeräusch zu dämpfen.

Neben dem niedergeschlagenen Wasser findet sich in den Auspuffgasen aber noch ein anderer ungebetener Gast ein, nämlich das in Staubform aus dem Zylinder entweichende Schmieröl, auch dieses sammelt sich zum größten Teil als dickflüssige Masse im Auspufftopf an und ist von Zeit zu Zeit zu entfernen. Der Topf muß zu diesem Zweck

mit einem bequem abnehmbaren Deckel versehen oder quergeteilt sein, damit die Ölreste, welche sich auch als feste koksartige Masse an den Topfwänden und namentlich an den Wandungen des Rohres zwischen dem Motor und Topf festsetzen, leicht entfernt werden können.

Auf die Entfernung der Ölreste im Auslaßtopf und Reinigung des Auspuffrohres wird viel zu wenig Gewicht gelegt. Selbst die Fabrikanten erwähnen von dieser Reinigung in den Anleitungen für die Wartung des Motors selten etwas, und doch sind dem Verfasser zahlreiche Fälle bekannt, bei denen gerade die unterbliebene Reinigung des Auspuffrohres und Topfes die Ursache war, daß die Kraftleistung der Maschine auf ein ungenügendes Maß herabgesunken war.

Die Wandungen des Auspufftopfes und auch die des Auspuffrohres müssen so stark sein, daß sie einem Druck von 6 bis 7 Atm. standhalten. Tritt dieser Druck auch unter normalen Verhältnissen nicht in der Auspuffleitung auf, so ist seine Bildung doch möglich, wenn das Auspuffventil undicht ist und ein Teil der Ladung, namentlich beim Anlassen des Motors, in der Rohrleitung zur Verbrennung gelangt. Endlich ist zu beachten, daß der Kohlensäuregehalt der Verbrennungsgase stark rostbildend wirkt, und dünnwandige Auspufftöpfe und Auspuffleitungen, wenn sie aus Eisenblech angefertigt sind, schnell undicht und unbrauchbar werden.

Gußeiserne Töpfe und Rohre widerstehen dem Rosten länger. Die Dämpfung des Auspuffgeräusches und Verminderung des Geruches der Auspuffgase, welch letzterer hauptsächlich durch die Dämpfe des Zylinderschmieröles verursacht wird, ist namentlich in den Städten von größter Bedeutung für den Motorenbesitzer, und mit Sicherheit kann man darauf rechnen, daß die Nachbarschaft sich beklagen und die Polizeibehörde anrufen wird, wenn in dieser Beziehung nicht von vornherein die wirksamsten Gegenmaßregeln getroffen worden sind. Es gibt nun kein einfacheres und bewährteres Mittel zur Beseitigung des Auspuffgeräusches und Geruches, wie die Einschaltung einer genügenden Anzahl großer Auspufftöpfe. Für den Motorenbesitzer empfiehlt es sich von vornherein mit dem Fabrikanten zu vereinbaren, daß von diesem die Gewähr für Beseitigung des Auspuffgeräusches übernommen wird.

Sog. Schalldämpfer, welche auf der Mündung des Auspuffrohres angebracht werden und meistens aus verhältnismäßig dünnem Eisenblech gefertigt sind, haben sich für ortsfeste Anlagen nicht bewährt.

Alle Schalldämpfer, welche durch Drosslung wirken, verringern die Nutzleistung des Motors erheblich und verstopfen sich leicht. Am wirksamsten wird das Auspuffgeräusch durch Abkühlung der Verbrennungsgase, also durch Verminderung ihrer Spannung beseitigt und gelingt es durch Einschaltung von »Rippenrohren« in die Rohrleitung, an einem dem Luftzug ausgesetzten Ort, das Geräusch vollkommen zu beseitigen. Bei Großmotoren spritzt man zur Dämpfung des Geräusches auch wohl durch Wasserstaubdüsen Wasser in den Auspufftopf. Solche Töpfe sind dann aber mit selbsttätigen Ablaßvorrichtungen zu versehen, da Fälle bekannt sind, in denen vergessen wurde, die Wasserstaubdüsen abzustellen. Das Wasser floß durch das Auslaßventil in den Zylinder und gab hier zu schweren Betriebsstörungen Veranlassung.

Der Gummibeutel.

Die Ladungseinnahme des Gasmotors entspricht nicht einem gleichmäßig starken Ansaugen von Brennstoff und Luft, sondern geht bis zur Mitte des Hubes mit zunehmender und dann wieder mit abnehmender Geschwindigkeit vor sich, wie es eben die Benutzung der »Kurbel« bedingt. Dementsprechend muß also auch der Brennstoff in der Mitte des Hubes in viel stärkerem Maß zuströmen können wie zu Anfang und Ende, und es wäre eine sehr weite Gasleitung nötig, damit das Gemisch zu allen Zeiten des Hubes von gleicher Zusammensetzung sei. Um nun dennoch mit einer engen Leitung auszukommen, schaltet man dicht vor dem Motor einen Behälter mit elastischen Wandungen — den Gummibeutel — in die Leitung, welcher den eingeschlossenen Gasvorrat in verstärktem Maß nachschiebt, sobald während des Saughubes eine Verminderung des Gasdruckes in der Leitung eintritt.

Der Vorrat im aufgeblähten Gummibeutel soll etwa dem zehnfachen Bedarf einer Ladung entsprechen. Bei schwachem Gasdruck, wie er in manchen Städten durch große Unterschiede in den Höhenlagen der einzelnen Stadtteile vorkommt, empfiehlt es sich, von vornherein einen größeren, oder mehrere normale Gummibeutel dicht hintereinander einzuschalten, um stets den nötigen Gasvorrat zur Verfügung zu haben.

Daneben dient der Gummibeutel auch noch dem Zweck, größeren Schwankungen des Gasdruckes, die durch das Arbeiten des Motors in der Nachbarschaft entstehen können, vorzubeugen. Andernfalls machen sich hier die

Schwankungen durch Zucken der Flammen störend bemerkbar.

Dort, wo mehrere Motoren zu einer Anlage vereint ungekuppelt arbeiten, muß jeder Motor seinen eigenen Gummibeutel und möglichst auch von der Straßenleitung ab gerechnet, seine eigene Gasleitung haben. Ist dennoch eine gemeinsame Gasleitung vorhanden, so rüste man von vornherein den am Ende der gemeinsamen Leitung belegenen Motor reichlich mit Gummibeuteln aus, damit, falls alle Motoren einmal gleichzeitig Gas nehmen sollten, für den hinteren Motor immer ein genügender Gasvorrat vorhanden ist. Für Druckgasanlagen empfiehlt sich in solchen Fällen die Einschaltung von kleinen Gasometerglocken mit Federaufhängung in möglichster Nähe der letzten Motoren. Gummibeutel sind hier mit Rücksicht auf die großen Gasmengen nicht im Gebrauch, auch der Teergehalt der Generatorgase würde schädlich auf den Gummi wirken.

Die Gummibeutel sind vor ihrer Verwendung durch Anfüllen mit Wasser auf Undichtigkeiten zu untersuchen. Auch soll man sich vergewissern, daß die Schlauchansätze dicht und fest auf den Gasrohrenden, welche weit in den eigentlichen Beutel hineinragen müssen, sitzen. Die Gasrohrenden sind sorgfältig zu glätten und ihre Mündungskanten abzurunden.

Der **Gasdruckregulator.** Solange der Gasdruck innerhalb nicht zu weiter Grenzen schwankt und die Nachbarschaft keine allzugroßen Ansprüche an die Stetigkeit des Brennens der Gasflammen stellt, genügt die Einschaltung einer oder mehrerer Gummibeutel für den ungestörten Betrieb. Wo diese Voraussetzungen aber nicht zutreffen, da ist vor dem Gummibeutel, von der Straßenleitung aus gerechnet, ein »Gasdruckregulator« einzuschalten, mit welchem erreicht werden kann, daß dem Motor das Gas unter stets gleich bleibendem Druck zuströmt und anderseits jede Schwankung des Gasdruckes in der Straßenleitung vermieden wird. Bei Anbringung eines Gasdruckregulators ist zu beachten, daß der Gasdruck durch ihn immer nur erniedrigt, nie erhöht werden kann. Wo der Gasdruck in der Straßenleitung an und für sich schon sehr niedrig ist und kaum ausreichend für den störungsfreien Gang, da kann die Einschaltung eines Gasdruckregulators nichts helfen, sondern unter Umständen nur schaden.

Im allgemeinen ist die Anbringung des Gasdruckregulators als nützlich zu bezeichnen und wird seine Ver-

wendung von den meisten Gasanstalten mit Rücksicht auf das anstandslose Brennen der Leuchtflammen vorgeschrieben. Es bedürfen namentlich die Motoren eines Gasdruckregulators, welche ohne selbsttätiges Mischventil oder mit einem solchen von unvollkommener Konstruktion arbeiten.

Auf die Konstruktion der verschiedenen Gasdruckregulatoren soll hier nicht näher eingegangen werden. Erwähnt mag nur sein, daß es Konstruktionen gibt, bei denen der Druck mit Vergrößerung des Reguliergewichtes zunimmt, und solche, bei denen das Umgekehrte der Fall ist. In Fig. 22 ist ein Gasdruckregulator dargestellt, bei dem der Druck mit Vergrößerung der Belastung abnimmt.

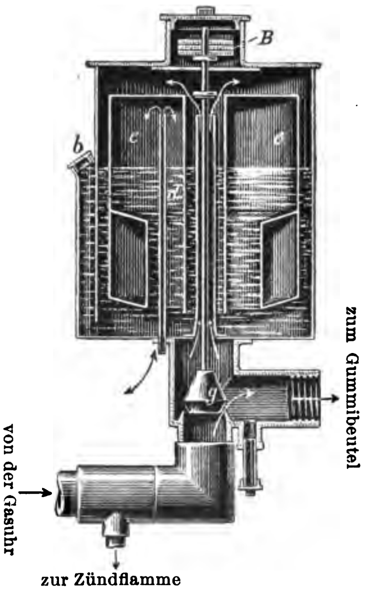
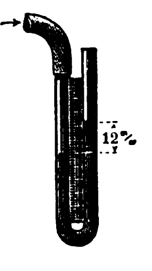


Fig. 22.

Der Gasdruckregulator darf nur geöffnet werden, wenn der Hahn vor dem Gummibeutel und der vor der Gasuhr geschlossen sind, andernfalls kommt man in die Gefahr, ausströmendes Gas einzuatmen.

Sehr zu empfehlen ist die Einschaltung eines Gasdruckmessers zwischen Gasdruckregulator und Gummibeutel, von welchem die Stärke des Gasdruckes jederzeit abgelesen werden kann. Der Gasdruckmesser (Fig. 23) besteht aus einem **U**-förmig gebogenen Glasrohr, welches zum Teil mit Wasser gefüllt ist. Der Höhenunterschied der Wasserstände in den Rohrschenkeln zeigt den Gasdruck an, wohl zu merken, aber immer nur dann richtig, wenn Gas aus der Leitung entnommen wird! Es empfiehlt sich, den Gasdruckmesser durch einen Hahn von der Gasleitung absperrbar zu machen und die Verbindung nur dann herzustellen, wenn der Gasdruck untersucht werden soll.


Fig. 23.



Der Gasmesser.

Der Gasmesser oder die Gasuhr ist zwar Eigentum der Gasanstalt und wird auch von ihr instand gehalten, dennoch ist es aber für den Motorenbesitzer und Wärter von Wichtigkeit, diesen Apparat insoweit zu kennen, als seine beste Aufstellung beurteilt und Betriebsstörungen beseitigt werden können. Es gibt »nasse« und »trockene« Gasmesser. Die ersteren werden am häufigsten verwendet und sind auch wohl als diejenigen zu bezeichnen, welche die zuverlässigsten Meßresultate liefern.

Für die Aufstellung nasser Gasuhren ist ein frostfreier Ort zu wählen, am besten ein Keller in möglichster Nähe des Motors. Ein kühl belegener Aufstellungsort empfiehlt sich auch aus dem Grunde, weil das Gas um so größeren Wärmewert hat, je kälter d. h. je dichter es ist. Ein niedriger Gasdruck in der Straßenleitung ist unvorteilhaft für den Motorenbesitzer, ebenso ein hoher Wasserstand in der Gasuhr.

Um jederzeit über den Gasverbrauch des Motors unterrichtet zu sein, muß der Wärter es verstehen, den Stand der Gasuhr abzulesen.

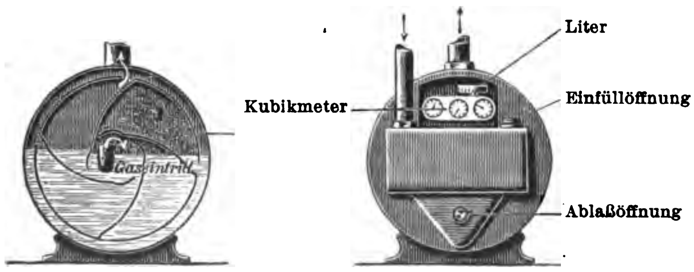


Fig. 24 Fig. 25

In Fig. 24 und 25 ist eine Gasuhr dargestellt. Fig. 25 zeigt rechts oben die Zähltrommel für die Anzahl der verbrauchten Liter, je nach der Größe der Uhr gilt die Teilung für 1, 4, 5 oder 10 Liter. Von den darunter angeordneten Zifferblättern zeigt das rechts befindliche die einzelnen Kubikmeter, die weiter nach links angeordneten die Zehner, Hunderter, Tausender usw. an.

Die Kühlvorrichtungen.

Abgesehen von den kleinsten Kleingewerbemotoren sind alle Verbrennungsmotoren mit Wasserkühlung versehen. Die einfachste Einrichtung ist die Kühlung durch



Druckwasserleitung. Das Wasser wird dabei in den unteren Teil des Wassermantels eingeführt und nach Erwärmung auf 50 bis 60° vom höchsten Teil des Wassermantels sichtbar in einem Fangtrichter abgeführt, so daß man sich stets ohne weiteres überzeugen kann, ob das Kühlwasser zufließt und welche Temperatur es hat.

Die Kühlung durch Druckwasser setzt immer voraus, daß ein Abflußkanal vorhanden ist, durch den das erwärmte Wasser abgeführt werden kann. Für den Wasserverbrauch bei einer solchen Einrichtung kann man 30 bis 40 l für die Stundenpferdekraft rechnen. Da die Kühlwassermengen für große Motoren erheblich sind, so lohnt es sich hier einen Brunnen anlegen zu lassen und das Wasser mit einer vom Motor betriebenen Pumpe durch diesen hindurchzutreiben. Wo das Wasser knapp ist, muß man bei großen Anlagen, ebenso wie bei den Dampfmaschinen Kühltürme, Gradierwerke oder Kühlteiche mit Streudüsen anlegen.

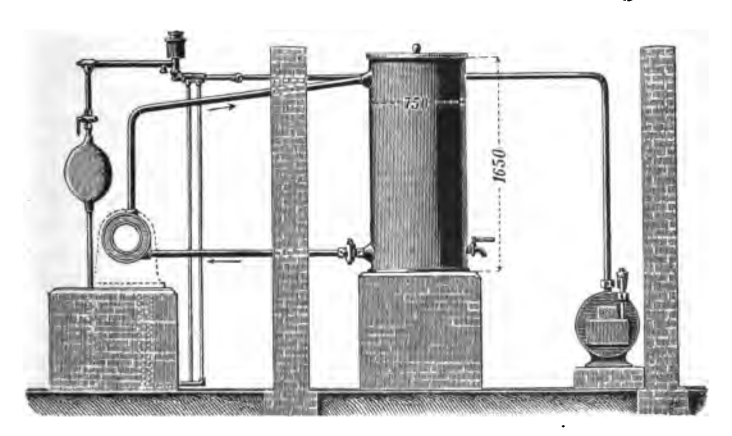


Fig. 26

Für kleinere ortsfeste Motoren bis etwa 10 PS wird mit Vorteil an Stelle der Druckwasserleitung das »Kühlgefäß« benutzt, wie dies in Fig. 26 dargestellt ist.

Das Gefäß ist meistens aus verzinktem Eisenblech hergestellt, sein Inhalt ist so bemessen, daß die vorhandene Wassermenge, abgesehen von jeder Abkühlung, in zehn Stunden von dem Motor auf 50 bis 60° angewärmt werden würde. Da man 30 bis 40 l pro Pferdekraft und Stunde anwärmt, so müßte z. B. der Inhalt des Kühlgefäßes für einen zweipferdigen Motor gleich $40 \times 2 \times 10 = 800$ l sein.

Das Kühlgefäß soll möglichst nicht mit dem Motor in demselben Raum stehen, sondern in einem dem Luftwechsel, aber nicht direkt der Winterkälte ausgesetzten Raume. Man wird dann nur im Sommer an sehr heißen Tagen einige Eimer abzulassen und durch kaltes Wasser zu ersetzen haben. Während der Nacht kühlt sich das Wasser genügend ab, um für den nächsten Tag wirksam zu sein.

Der Wärter hat bei Benutzung von Kühlgefäßen darauf zu achten, daß das Wasser stets über dem Eintritt des oberen Rohres steht.

Die allmähliche Anwärmung der gesamten Wassermenge im Gefäß kommt in der Weise zustande, daß das Wasser im tiefliegenden Motor erwärmt wird und vermöge seines Auftriebes durch das obere Verbindungsrohr dem Kühlgefäß zuströmt, während in demselben Maß kaltes Wasser aus dem unteren Teil dem Motor zufließt.

Die Wasserzirkulation kann nur dann vor sich gehen, wenn das obere Verbindungsrohr in allen Teilen steigend gelegt ist und genügende Weite besitzt. Der verhältnismäßig schwache Auftrieb des erwärmten Wassers reicht nicht aus, wenn er durch enge und lange Rohrleitungen und scharfe Krümmungen gehemmt wird. Die Kühlgefäße beanspruchen viel Platz, haben ein großes Gewicht und geben dem Motor nicht eine gleichbleibende Temperatur.

Besser wirken **Rippenrohrkühler,** die zwar in der Anschaffung erheblich teurer sind, bei denen aber ein sehr geringes Wasserquantum genügt und schnell die Beharrungstemperatur erreicht wird.

Die Zirkulation des Wassers kommt hier ebenso wie beim Kühlgefäß durch den Auftrieb des erwärmten Wassers zustande. Da aber die Abkühlung des Wassers durch die große Oberfläche der Rippenrohre sehr beschleunigt wird, so ist der Temperaturunterschied zwischen dem Wasser im Motor und dem im unteren Teil des Kühlers ein größerer; das Wasser kommt in stärkere Bewegung und es stellt sich in kurzer Zeit im Wassermantel des Zylinders eine gleichmäßige Temperatur ein.

Je weiter die Rohrleitungen sind, je höher der Rippenkühler gestellt ist, um so wirksamer die Kühlung.

Da das Wasser bei seiner Erwärmung einen größeren Raum einnimmt, so darf der Rippenkühler nicht fest verschlossen sein, sondern er ist an seinem oberen Teil mit einem offenen »Ausdehnungsgefäß« zu versehen, in dem das sich ausdehnende Wasser Platz findet.



Für die Verbindung des Ausdehnungsgefäßes mit dem Rippenkühler ist ein e n g e s Gasrohr von etwa $^1/_2$ mm Durchmesser zu wählen, damit das im Ausdehnungsgefäß stehende Wasser nicht zu großen Anteil an der Zirkulation nimmt und zu schnell verdunstet.

Führt man die Anlage des Rippenkühlers wie in Fig. 27 aus, so kann die abgeführte Wärme im Winter zum Heizen des Raumes, im Sommer zur Ventilation benutzt werden. Im Winter ist dann die Öffnung in der Wand, wie punktiert angedeutet, durch eine Klappe zu schließen, im Sommer zu öffnen.

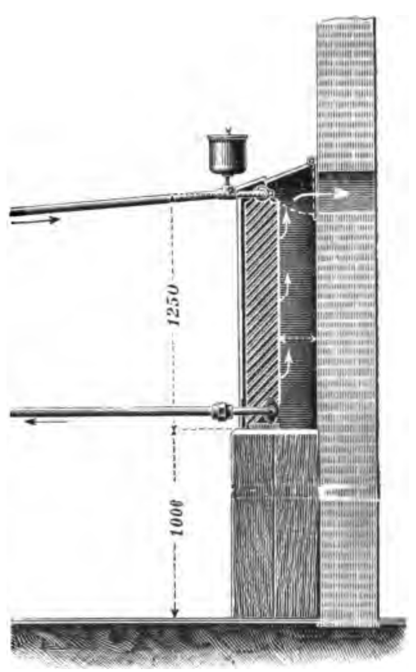


Fig. 27.

Dritter Abschnitt.

Die Aufstellung der Gasmotoren.

Für die Wahl des Aufstellungsortes eines Gasmotors sind folgende Punkte zu beachten:

1. Das Vorhandensein festen Baugrundes,
2. die Möglichkeit, dem Motor die richtige Lage zu den Arbeitsmaschinen oder der Transmission zu geben,
3. die Möglichkeit des Transports der großen Maschinenteile (Schwungrad und Maschinenrahmen) nach dem Aufstellungsort,
4. Allseitige Zugänglichkeit des Motors,
5. Möglichkeit, die Auspuffgase abzuführen,
6. Vorhandensein von Kühlwaser bzw. die Möglichkeit, ein Kühlgefäß aufzustellen,
7. Prüfung der Frage, wie wird sich die Nachbarschaft zu dem Geräusch und Geruch der Auspuffgase verhalten?
8. Können sich die Erschütterungen beim Arbeiten des Motors im eigenen oder benachbarten Gebäude störend bemerkbar machen?

Fester Baugrund.

Aufgeschütteter oder stark tonhaltiger Boden oder Geröll eignet sich nicht als Baugrund für ein Maschinenfundament. Es ist immer erst zu untersuchen, wie tief man mit dem Mauerwerk heruntergehen muß, bis der feste »gewachsene« Boden erreicht ist. Auch hat man Rücksicht auf den Grundwasserstand zu nehmen. Fundamentanlagen können unter ungünstigen Verhältnissen so teuer

werden, daß allein aus diesem Grunde ein anderer Aufstellungsort gesucht werden muß.

Soll der Motor in den Etagen eines Gebäudes aufgestellt werden, so ist die Stärke und gute Erhaltung der Deckenkonstruktion zu prüfen.

Lage zur Transmission.

Bei Bestimmung der richtigen Lage des Motors zu den etwa vorhandenen Arbeitsmaschinen und Transmissionen ist zu berücksichtigen, daß die Arbeitsmaschinen, welche am meisten Kraft brauchen, dem Motor am nächsten liegen sollen, ferner ist zu beachten, daß man mit den Riemenzügen überall gut durchkommt.

Möglichkeit des Transports der grofsen und schweren Maschinenteile nach und von dem Aufstellungsort.

Die Möglichkeit, den Transport des Motors nach dem Aufstellungsort bewirken zu können und spätere Reparaturen daselbst auszuführen, ist von größter Wichtigkeit; sie wird oft, wenn es sich darum handelt, den Motor in Kellerräumen oder Etagen aufzustellen, nicht genügend erwogen. Es muß ermittelt werden, ob der Weg, welchen man mit den Maschinenteilen nehmen muß, genügend Raum darbietet und in allen Teilen genügende Festigkeit hat. In letzter Beziehung sind namentlich die Treppen und Treppenpodeste zu prüfen. Durch Absteifen der Podeste und Belegen der Stufen mit starken Bohlen kann man ihre Tragfähigkeit bedeutend erhöhen.

Die meisten Schwierigkeiten bietet das Hinein- und Heraustransportieren aus Kellern. Selbst bei Neubauten, bei denen Maschinenanlagen vorgesehen sind, werden in dieser Beziehung oft die größten Fehler gemacht und es sind Fälle bekannt, in denen Maschinen unverkäuflich wurden und nicht durch andere ersetzt werden konnten, weil es unmöglich war, die alte Maschine heraus und die neue in den Keller hineinzubringen.

Allseitige Zugänglichkeit des Motors für die Bedienung.

Das gefahrlose Anlassen und die Möglichkeit, bestimmte Reparaturen am Motor vornehmen zu können, wird meistens zu wenig berücksichtigt. Die Antriebsriemenscheibe liegt oft so dicht an der Wand, daß kein Platz bleibt, den Riemen von der Seite her bequem auf- und abzulegen;

zwischen Schwungradumfang und Wand ist zu wenig Platz, damit der Wärter dort die vorteilhafteste Stellung zum Andrehen des Rades einnehmen kann, und bei stehenden Motoren ist oft nicht Höhe genug vorhanden, um den Kolben mit der Pleuelstange aus dem Zylinder herausziehen zu können.

Die meisten Schwierigkeiten bereitet in den Städten die Anlage der Auspuffleitung, da gefordert wird, daß die Leitung bis über das eigene Dach und das des Nachbargrundstücks hinausgeführt werde.

Auch an die Beschaffung des **Kühlwassers** und den Abfluß des gebrauchten Wassers hat man zu denken. Häufig liegen die Keller so tief, daß das abfließende Wasser nicht ohne weiteres in den Entwässerungskanal abfließen kann, sondern es ist eine besondere Pumpe zu diesem Zweck aufzustellen. Auch der Preis des Wassers ist zu berücksichtigen. Wo keine Abflußkanäle vorhanden sind, hat man »Sickergruben« anzulegen, die dann aber weit genug von Gebäuden entfernt sein müssen, damit hier keine Senkungen stattfinden. Von allergrößter Bedeutung für den ungestörten Betrieb mit Gasmotoren ist es, daß die Nachbarschaft, die in dieser Beziehung oft sehr anspruchsvoll ist, nicht durch das Geräusch oder den Geruch der Auspuffgase belästigt wird. Im zweiten Abschnitt sind schon bei Besprechung des Auspufftopfes und der Schalldämpfer nähere Angaben zur Beseitigung des Geräusches und Geruchs gemacht worden.

Sehr wichtig ist es ferner, daß die **Erschütterungen des Maschinenbetriebes** sich nicht auf die Wandungen von Wohn- oder Geschäftshäusern übertragen. Wenn auch zu fordern ist, daß die bewegten Massen der Maschine bestens ausbalanciert sind, so wird dies doch selten vollkommen erreicht. Man darf also das Mauerwerk des Maschinenfundaments auf keinen Fall in Verband mit dem des Gebäudes mauern, auch nicht so, daß das Mauerwerk des Gebäudes nur berührt würde, vielmehr soll rundherum ein genügend breiter Raum bleiben, schon mit Rücksicht darauf, daß man mit dem Fundamentmauerwerk vielleicht tiefer gehen muß wie das des Gebäudes ist.

Fundamentierung.

Bei Fundamentierung der Gasmotoren zu ebener Erde kann für die Größen bis etwa 6 PS ein gußeiserner Sockel verwendet werden, der auf einer Betonschicht von 20 bis 25 cm genügenden Halt findet. In den Etagen von Wohn-

oder Fabrikgebäuden mit starken Balken oder Trägerdecken finden Motoren bis 6 PS, falls auf gußeisernem Sockel stehend, genügend Halt, wenn man sie in Nähe der Wände mit den Balkenlagen verschraubt.

Bei Befestigung größerer Motoren auf Ziegelsteinfundamenten hat man darauf zu achten, daß der genau horizontal gestellte Motorrahmen sorgfältig mit Zement untergossen wird, und die Fundamentanker erst dann fest angezogen werden, wenn der zum Untergießen verwendete Zementbrei vollkommen erhärtet ist. Nach dem Festziehen der Fundamentanker ist die horizontale Lage des Motors nochmals in allen Teilen genau zu untersuchen. Das »Warmlaufen« neuer Motoren ist keineswegs ein unvermeidliches Übel, sondern hat seinen Grund fast immer im »Verziehen« des Maschinenrahmens und der Wandlager beim Festschrauben der Fundamentankermuttern. Es mag hier noch erwähnt sein, daß das zum Schmieren der Maschine benutzte Öl den Zement bei längerer Einwirkung auflöst und allmählich in einen dickflüssigen Brei verwandelt, der die feste Lage des Motors schädigt. Die meisten Motorenfabriken bringen zur Vermeidung dieses Übelstandes einen rund um den Motorrahmen laufenden sog. »Ölrand« an, in dem sich alles herunterlaufende Öl ansammeln und abgelassen werden kann. Wo dies nicht der Fall ist, da müssen um den Rand des Motorrahmens Sägespäne gestreut werden, die das Öl aufsaugen und genügend oft zu erneuern sind.

Zeichnungen für die Herstellung der Fundamente hat der Fabrikant des Motors zu liefern.

Gasleitung, Auspuffleitung und Wasserleitungen.

Möglichst schon vor Beginn der Aufstellung des Motors hat man die Rohrleitungen bis zum Anschluß an die Maschine fertig legen zu lassen.

Das Verlegen der Gasleitung wird meistens von den geübten Arbeitern der Gasanstalt ausgeführt und beschränkt sich die Kontrolle der Arbeiten darauf, daß der kürzeste Weg für die Leitung gewählt wird, scharfe Krümmungen so viel wie möglich vermieden und Rohre von dem Querschnitt benutzt werden, wie sie auf dem Aufstellungsplan vorgeschrieben sind. Herrscht am Aufstellungsort des Motors niedriger Gasdruck — unter 15 mm Wassersäule — so ist zu empfehlen, von vornherein $^1/_2$ Zoll weitere Rohre wie angegeben zu verwenden.

Alle Gasrohre, namentlich die, welche in der Nähe des Motors liegen, sind sorgfältig auszuklopfen und auszuwischen. Betriebsstörungen, welche sich so häufig gleich nach der Inbetriebnahme einstellen, sind auf die Versäumnis dieser Vorsichtsmaßregel zurückzuführen.

Müssen die Gasleitungen durch kalte, im Winter nicht erwärmte Räume geführt werden, so ist am tiefsten Punkt der Rohrleitung ein Hahn anzubringen, aus dem das in der Leitung sich niederschlagende Wasser abgelassen werden kann.

Ferner ist sehr zu empfehlen, kurz vor dem Eintritt der Gasleitung in den Motor einen Schlauchhahn anzubringen. Dieser Hahn kann benutzt werden, um nach längerem Stillstand des Motors das unbrauchbare, mit Luft verdünnte Gas (entzündet) abzublasen. Der Motor wird dann immer sofort angehen, während man sonst erst das verdünnte Gas durch zahlreiche Umdrehungen des Motors aus der Leitung pumpen muß. Auf denselben Hahn kann man einen Schlauch für eine Leuchtflamme beim Reinigen der Innenräume befestigen.

Bei Sauggasgeneratoren, wo der Motor das Gas selbst heransaugt, ist eine kurze weite Gasleitung von größter Wichtigkeit. Um auch hier gleichbleibenden Gasdruck, der ja für das Mischungsverhältnis der Ladung von größter Bedeutung ist, zu erhalten, empfiehlt sich für große und kleine Anlagen nahe dem Motor die Einschaltung eines Ventilators und einer kleinen Gasometerglocke mit Federaufhängung. Der Ventilator muß dann vom Motor aus angetrieben werden. Dieselbe Einrichtung empfiehlt sich auch bei Leuchtgasmotoren in solchen Städten, in denen ungenügender Gasdruck herrscht.

Über die Auspuffleitung ist schon ausführlich zu Anfang dieses Abschnittes gesprochen worden, es soll nur noch erwähnt werden, daß gemauerte Schornsteine, aus Zinkblech gefertigte Regenabfallrohre und Wasserabflußkanäle zur Abführung nicht benutzt werden dürfen, weil sie den Drucken, welche in der Auspuffleitung auftreten können, nicht im entferntesten gewachsen sind und durch die sauren Gase schnell zerstört werden. Auch Zinkdächer leiden, wenn das Anspuffrohr über ihnen mündet. Nichtbenutzte Rauch- und Ventilationsrohre können aber oft mit großem Vorteil verwendet werden, um in ihnen die schmiede- oder gußeisernen Leitungen hochzuführen.

Starkwandige, gußeiserne Leitungen sind den schmiedeeisernen Rohren, wie sie für Gasleitungen benutzt werden,

immer vorzuziehen, da sie nicht im entferntesten so schnell durchrosten wie diese. Über $2^1/_2$ Zoll im Durchmesser sollte man schmiedeeiserne Rohre überhaupt nicht mehr verwenden.

Bei langen Auspuffleitungen müssen die Rohre mit starkem Gefälle nach den Auspufftöpfen zu gelegt werden, da die Strömungsstärke der Auspuffgase andernfalls das im Rohrlauf niedergeschlagene Wasser mitreißt und aus seiner Mündung zum Schaden der Dächer und Regenabfallrohre auswirft.

Dort, wo die Auspuffrohre durch Holzdecken hindurchgeführt oder an Holzwänden befestigt werden, ist das Holz durch Wärmeschutzmaterialien vor Entzündung zu schützen.

Lange Luftzuführungsrohre schwächen die Leistung des Motors, sie sind nur dort berechtigt, wo man staubfreie Luft von außen herbeizuführen hat, die Betriebsluft soll außerdem kühl und trocken sein. Dementsprechend hat man also den Luftentnahmeort zu wählen. Immer muß die Luftleitung aber so weit und so kurz sein, daß die durchströmende Luft einen erheblichen Leitungswiderstand nicht vorfindet. Auch für die Luftleitungen sind starkwandige Rohre zu verwenden, da bei »Rückschlägen« die Spannung in ihnen bis auf 2 bis 3 Atm. steigen kann.

Über die Weite der **Wasserzu- und Abflufsrohre** finden sich nähere Angaben in den Rohrtabellen des letzten Abschnittes.

Vierter Abschnitt.

Über die Wahl der Stärke des Motors.

Das Einheitsmaß für die Bestimmung mechanischer Arbeit ist das »Meterkilogramm«, d. h. die Arbeit, welche aufgewandt werden muß, um 1 kg in 1 Sekunde 1 m hoch zu heben.

An der Kurbel wirkend, kann ein im Raddrehen geübter Mann auf die Dauer eine Arbeit von 12 mkg leisten, am Hebel wirkend, ist nur auf $5^1/_2$ bis 6 mkg zu rechnen.

Bei Bestimmung von motorischen Kräften würde man mit Benutzung des Meterkilogramms als Einheitsmaß auf zu große Zahlen kommen, die für die Praxis unbequem sind. Für diesen Fall ist als Einheitsmaß die »Pferdestärke«, entsprechend 75 mkg gebräuchlich. 75 mkg entspricht der Dauerleistung eines starken Arbeitspferdes bei achtstündiger Benutzung. Für kurze Zeit kann der tierische Organismus ganz erheblich größere Arbeit leisten. Ein kräftiges Pferd leistet beim Anziehen eines beladenen Wagens oft das zehnfache seiner Dauerleistung, auch der Mensch kann für kurze Zeit ganz erheblich größere Arbeit wie seine Dauerleistung verrichten.

Will man bisher »von Hand« bewegte Arbeitsmaschinen mit einem Motor betreiben, so sind der Anzahl der bisher benutzten Menschenkräfte 20 bis 25 % für die Bewegung der nötigen Transmissionsteile hinzuzurechnen, um damit einen richtigen Anhalt für die Stärke des zu kaufenden Motors zu erlangen.

Entsprechen also auch theoretisch sieben Menschenkräfte einer Pferdestärke, so kann man doch mit Rücksicht auf den Arbeitsverbrauch der Transmission, beim Übergang vom Hand- zum Motorbetrieb nur 5 Menschenkräfte für 1 PS rechnen.

Sollen neue Arbeitsmaschinen benutzt werden, so muß man sich vom Lieferanten Angaben über deren Kraftbedarf

machen lassen; auch hier ist aber die Transmissionsarbeit nicht mit einbegriffen und sind ebenfalls 20 bis 25% mehr anzunehmen. Bei ausgedehnten Transmissionen, bei großen »Übersetzungen« ins schnelle, wie dies z. B. bei Holzbearbeitungsmaschinen, Ventilatoren, Schleifereien usw. der Fall ist, oder bei großen Übersetzungen ins langsame, wie sie bei Pumpwerken, Ziegeleimaschinen, Stanzwerken und Pressen erforderlich sind, reichen häufig 25% für den Kraftbedarf der Transmission nicht aus und hat man hier für eine reichliche Kraftreserve zu sorgen.

Den wirtschaftlichsten Betrieb liefern die Gasmotoren, wenn sie nahezu mit ihrer vollen Kraft arbeiten. Nur selten wird es aber gelingen, die Stärke des Motors genau so auszuwählen, oder was dasselbe sagen will, die Arbeitsmaschinen so gleichmäßig zu belasten, daß der Motor genau mit seiner wirtschaftlichsten Kraftäußerung arbeitet.

Als ein gutes Auskunftsmittel, trotz stark wechselnden Kraftbedarfes dennoch einen wirtschaftlichen Betrieb zu haben, empfiehlt sich, einen Motor anzuschaffen, dessen Umdrehungsgeschwindigkeit innerhalb gewisser Grenzen verstellbar ist. Sind dann für den Betrieb der verschiedenen Arbeitsmaschinen die entsprechenden Riemscheiben direkt auf der Motorenachse angebracht, so kann man die kraftraubenden Zwischentransmissionen ganz vermeiden und jede Arbeitsmaschine direkt antreiben.

Allerdings sind so die Arbeitsmaschinen immer nur einzeln benutzbar. Dies genügt aber im Kleingewerbe und in der Landwirtschaft vollkommen. Z. B. wird man in einer Tischlerei ohne Schaden die kleineren Hilfsmaschinen so lange entbehren können, wie die viel Kraft beanspruchende Hobelmaschine läuft. Im landwirtschaftlichen Betriebe werden Wasserpumpen und Schrotmühlen zu einer anderen Zeit benutzt, wie die schnellaufende und viel Kraft beanspruchende Dreschmaschine. In einem Landhause kann man die Wasserpumpe tagsüber benutzen und abends die schnellaufende Dynamomaschine für den Lichtbetrieb.

Solcher Art arbeitet der Motor dann in allen Fällen in ökonomischer Weise annähernd immer mit vollen Ladungen, man hat nicht nur billigen Betrieb, sondern der Motor wird auch nicht durch zwecklosen Leerlauf abgenutzt, sondern bestens geschont. Vorausgesetzt ist bei derartiger Anordnung natürlich, daß der Motor auch wirklich für die höchst vorkommende Umdrehungszahl konstruiert ist, d. h. daß seine Ventile und Rohrleitungen die genügende Weite haben.

Fünfter Abschnitt.

Prüfung der Gasmotoren auf Leistung, Wirtschaftlichkeit, Konstruktion, Aufstellung und Betriebssicherheit.

Die Prüfung eines Gasmotors hat sich zu erstrecken auf:

1. Bestimmung der größten Kraftleistung.
2. Bestimmung der für verschiedene Kraftleistungen erforderlichen Brennstoffmenge.
3. Bestimmung des Verbrauches von Kühlwasser und Schmieröl.
4. Bestimmung des Ungleichförmigkeitsgrades bei verschiedenen Belastungen.
5. Prüfung der Konstruktion.
6. Prüfung der Ausführung.
7. Prüfung des Verhaltens des Motors im Betriebe.

Prüfung der Kraftleistung. (Pronyscher Bremszaum.)

Zur Ermittlung der größten Leistung einer Kraftmaschine dienen die Kraftbremsen. Das älteste Gerät dieser Art ist der schon im Jahre 1821 von dem französischen Ingenieur Prony angegebene »Bremszaum«, der noch heute in unveränderter Form vielfach benutzt wird.

Wie aus Fig. 28 ersichtlich, gleicht die Pronysche Kraftbremse einer um die Treibscheibe des Motors gelegten »Backenbremse« ohne feste Aufhängung. Durch Zusammenspannen der Bremsklötze *a* wird an dem Scheibenumfang ein Reibungswiderstand erzeugt, dessen Größe durch das an den Hebel *g* gehängte Gewicht zum Ausdruck gebracht wird, wenn es den Arm *g* in der Schwebe-

stellung erhält. Es ist leicht verständlich, daß vom Motor dann eine Reibungsarbeit überwunden wird, welche ausreicht, um das Belastungsgewicht mit der Geschwindigkeit und während des Weges zu heben, welche der Umfangsgeschwindigkeit des Aufhängepunktes *h* entspricht, falls er sich drehen könnte.

Um die größte Arbeitsleistung des Motors zu bestimmen, hat man die Bremsbacken so fest anzuziehen und so viel Gewichte anzuhängen, bis die Umdrehungsgeschwindigkeit eben nachläßt.

Die vom Motor geleistete Arbeit berechnet sich dann wie folgt:

Der vom Aufhängepunkt *h* in der Sekunde durchlaufene Weg entspricht dem Umfang des Kreises vom Radius *r* in Metern, multipliziert mit der Umdrehungszahl pro Sekunde.

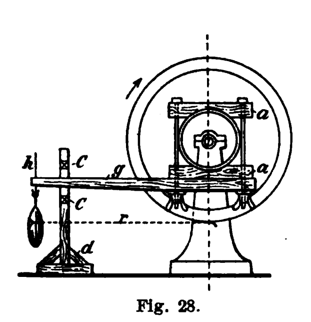
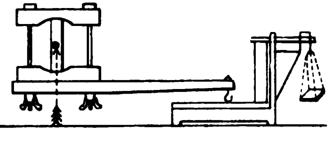


Fig. 28.


Fig. 29.

Als wirksames Gewicht ist das Belastungsgewicht, vermehrt um das im Aufhängungspunkt *h* wirksame Eigengewicht des Hebels *g*, in Rechnung zu setzen. Nennt man den pro Sekunde durchlaufenen Weg des Gewichtes am Bremshebel *v*, das wirksame Bremsgewicht *K*, so ist $v \times K$ die geleistete Arbeit des Motors in Meterkilogramm. Teilt man das Produkt durch 75, so erhält man die Leistung in Pferdestärken. Das im Aufhängepunkte *h* wirksame Eigengewicht des Bremshebels wird ermittelt, indem man den Gewichtshebel, wie aus Fig. 29 ersichtlich, mit seinem Haken auf eine Wage legt und das andere Ende der Bremse in der Schwebe hält. Das von der Wage angezeigte Gewicht entspricht dann dem gesuchten wirksamen Eigengewicht des Bremshebels.

Daß die Pronysche Bremse gerade ein bequemes, praktisches Gerät wäre, kann man nicht sagen; sie beansprucht erheblichen Platz, für jeden Riemenscheibendurchmesser sind neue Bremsklötze anzufertigen. Außerdem erfordert das Arbeiten mit der Bremse einige Übung und ist nicht ohne Gefahr.

Brauersche Bandbremse.

Eine neuere, ebenfalls viel benutzte Kraftbremse ist zu Ende der 70er Jahre von Professor Brauer angegeben, deren Einrichtung in Fig. 30 dargestellt ist.

Hier wird zum Bremsen ein Eisenband um den Schwungradumfang gelegt. Ein fester Aufhängepunkt des Bandes ist auch hier nicht vorhanden, an seine Stelle treten Seile, die ihren Halt an festen Ösen am Fußboden finden und dem Bremsband innerhalb eines nicht zu kleinen Spielraumes Schwankungen nach beiden Seiten gestatten.

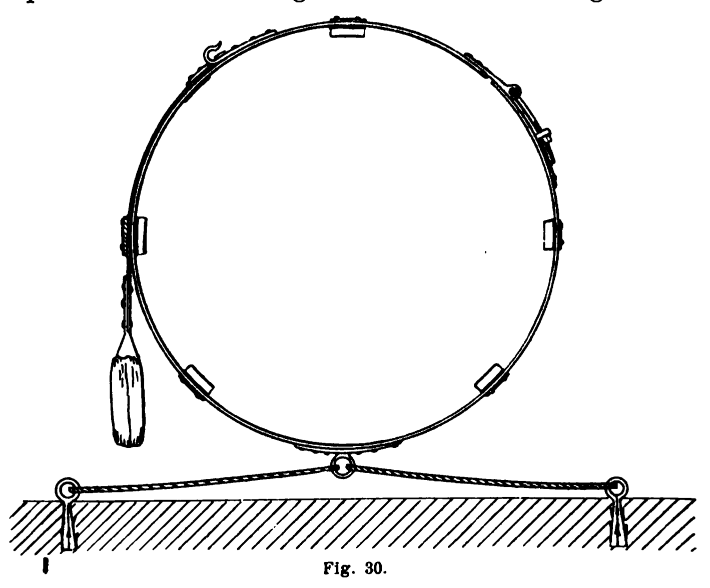


Fig. 30.

Zieht man, nachdem der Motor seine normale Umdrehungszahl erreicht hat, die rechts oben befindliche Spannmutter an und vermehrt das am Haken hängende Gewicht allmählich, bis bei eben sinkender Umdrehungszahl das Gewicht in der Schwebe gehalten wird, so ergibt sich die vom Motor geleistete Reibungsarbeit in Meterkilogramm in gleicher Weise wie beim Pronyschen Zaum erklärt. Als Radius des Kreises, an dem der Reibungswiderstand wirkt, ist der horizontale Abstand der Last von der Senkrechten durch die Kurbelachse in Rechnung zu setzen. Das im Aufhängepunkt wirksame Eigengewicht der Bremse würde in der Weise zu ermitteln sein, daß man bei stark

gelockerter Spannmutter und abgenommenem Gewicht ein schneidenartiges Eisenstück am höchsten Punkt des Schwungradkranzes zwischen Bremsband und Rad schiebt und nun durch Wirkenlassen einer Federwage auf den Aufhängepunkt — nach oben oder unten — das Bremsband ins Gleichgewicht bringt. Das ermittelte Gewicht wird dann, je nachdem das Bremsband auf der Lastseite herunterzuziehen oder zu heben war, dem Belastungsgewicht zuzuzählen oder davon abzuziehen sein.

Wie beim Pronyschen Zaum, so darf bei Berechnung der Kraft nicht der schräge Abstand des Aufhängepunktes vom Achsenmittel in Rechnung gesetzt werden, sondern der horizontale. Damit man nun bei der Brauerschen Bremse diesen Abstand nicht jedesmal von neuem zu messen hat, bringt man den Lasthaken, wie aus der Figur ersichtlich, oben auf dem Bremsband an. Die Last hängt dann an einem dünnen Eisenbande, welches sich dem Schwungradumfang leicht anschmiegt, herab, und der horizontale Abstand der Last vom Mittelpunkt bleibt in jeder Höhenlage des Gewichtes derselbe.

Die Brauersche Kraftbremse läßt sich leicht in die Gleichgewichtslage bringen und behält diese Lage auch für längere Zeit bei, wenn man das Bremsband innen in Abständen von 30 bis 50 cm, je nach dem Umfang, mit Kupferblechstreifen armiert und mit konsistentem Fett schmiert. Das Fett findet dann hinter den vorspringenden Blechkanten Halt. Begrenzt wird die Dauer des Bremsens durch die Erhitzung des Schwungradkranzes.

Das Arbeiten mit der Brauerschen Bremse erfordert ebenfalls Übung, auch sind einige Vorsichtsmaßregeln zu beachten. Namentlich müssen die Haltseile sicher befestigt sein. Das Bremsband muß gut anliegen und reichlich geschmiert werden. Die Festigkeit des zur Herstellung der Bremse benutzten Bandeisens darf nicht durch eingeknickte und wieder geradegerichtete Stellen vermindert werden, ein Brechen des Bandes während des Versuches bringt große Gefahr. Ebenso ein seitliches Abrutschen des Gewichtsaufhängebandes vom Schwungradkranz. Das Band ist stets, wie auch aus der Figur ersichtlich, durch Klammern, die den Kranz umfassen, zu sichern.

Für größere Motoren nimmt man nicht ein einzelnes breites Bandeisen, sondern mehrere schmale, die durch Querstege miteinander verbunden sind. Sind zwei Schwungräder vorhanden, so benutzt man zwei Bremsen, um zu große Belastung und Erwärmung des einzelnen Rades zu verhindern.

Die Spannmutter ist jedesmal vor dem Anhalten des Motors zu lösen. Versäumt man diese Vorsicht, und das Schwungrad wird kurz vor dem völligen Stillstand durch die Einwirkung der Kompression verkehrt herumgeworfen, so schlägt das Gewicht herunter und das entsprechende Haltseil wird dabei stark in Mitleidenschaft gezogen.

Um richtige Resultate zu erlangen, muß die Bremsung bei betriebswarmer Maschine vorgenommen werden. Es empfiehlt sich aber nicht, diese Wärme durch Bremsen herbeizuführen, vielmehr läßt man den Motor die Betriebswärme bei schwachem Kühlwasserzufluß durch Leerlauf erlangen und beginnt dann die Bremse allmählich anzuziehen.

Zur Aufnahme der einzelnen Gewichtsstücke dient am besten ein Beutel aus starkem Segeltuch; man kann dann beliebige Eisenstücke für die Belastung verwenden und wiegt schließlich den Beutel samt Inhalt.

Für Bremsung von Motoren über 150 PS hat man zurzeit noch keine geeigneten Kraftbremsen. Die Verwendung der Pronyschen oder Brauerschen Bremse wird mit zunehmender Größe immer schwerer durchführbar und auch immer gefährlicher. Schon bei 50 PS. gehört große Erfahrung und namentlich die größte Sorgfalt, Ruhe und Besonnenheit dazu, um ein wirklich richtiges Bremsresultat zu erreichen.

Ein weiterer Übelstand ist, daß für jeden neuen Schwungraddurchmesser und jede Kranzbreite auch ein neues Bremsband hergestellt werden muß.

Seilbremse.

Die bequemste und ungefährlichste Bremse ist die in neuerer Zeit für große und kleine Motoren viel benutzte Seilbremse. Hier wird der Reibungswiderstand durch ein oder mehrere über den Schwungradumfang gelegte Seile, runden oder flachen Querschnitts, erzeugt. Wie aus Fig. 31 ersichtlich, wird der Reibung erzeugende Druck durch ein Gewicht hervorgebracht, während der Reibungswiderstand sich als ein Teil des Ausschlages einer Hängewage darstellt, der gefunden wird, indem man das Gewicht von der Federspannung abzieht. Bei trockenen Seilen braucht man also ein geringeres Spanngewicht wie bei geschmierten. Je größer der Reibungskoeffizient zwischen Schwungradkranz und dem Seil ist, um so kleiner wird das Spanngewicht. Läßt man auch hier den Motor vor Auflegen der Bremse durch Leerlauf bei abgestellter

Kühlung betriebswarm werden, so kann selbst bei großen Motoren ohne zu große Erwärmung mit trockenen Seilen lange genug gebremst werden, um ein sicheres Resultat zu erhalten.

Für kleine Motoren verwendet man die in jedem Eisenwarengeschäft erhältlichen »Zugwagen« oder »Federwagen«, die eine Belastung bis zu 25 kg zulassen. Solche

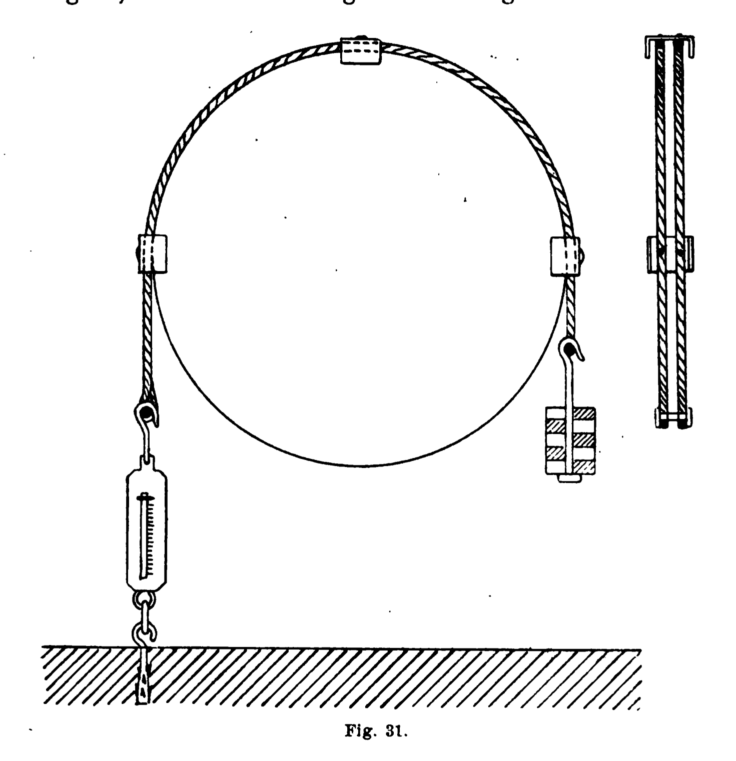


Fig. 31.

Wagen kann man zu mehreren vereint auf einen gemeinsamen Querbalken wirken lassen. Für große Motoren muß man sich den Spannfederapparat selbst herstellen. Federn von geringerer Drahtdicke und großer Dehnungsweite erfüllen ihren Zweck besser wie solche aus starkem Draht. Gefahr kann bei der Seilbremse nur dann entstehen, wenn Seile reißen oder Federn brechen. Mit mehr oder weniger großer Kraft werden die Seile dann in der Drehungsrichtung herumschlagen. Stellt man sich

außerhalb der Schwungradebene auf, so entgeht man damit der Möglichkeit, getroffen zu werden. Ein Umherschleudern von Gewichten, wie dies bei der Brauerschen Bremse vorkommen kann, ist bei der Seilbremse nicht denkbar; das Spanngewicht kann beim Reißen der Seile immer nur um eine kurze Strecke herunterfallen.

Umdrehungszähler.

Wie aus den Angaben für die Berechnung der Kraft hervorgeht, ist außer dem Bremsgewicht und wirksamen Hebelarm noch die Umdrehungszahl des Motors erforderlich, um die Rechnung durchführen zu können. Wenn es für den Geübten auch leicht ist, die Umdrehungszahl ortsfester Motoren direkt nach der Uhr zu zählen, so läßt sich das mit Sicherheit nicht mehr durchführen, sobald man mit Umdrehungszahlen über 400 zu tun hat. Auch bei längeren Bremsversuchen kann man sich auf das Zählen nach dem Gehör nicht mehr verlassen und benutzt besser »Umdrehungszähler«.

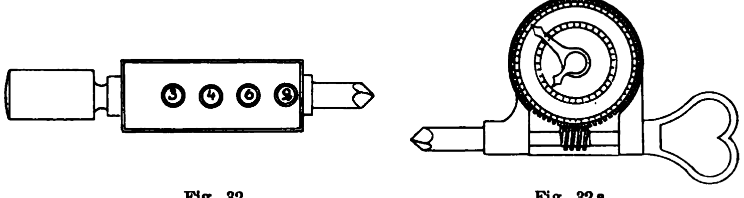


Fig. 32. Fig. 32a.

Für Motoren, welche weniger wie 200 Umdrehungen machen, werden meistens Zählwerke mit springenden Zahlen verwendet, die vom Motor durch Hebel oder Zugstangen bewegt werden. Für schneller laufende Motoren sind Instrumente zum »Andrücken« im Gebrauch, mit springenden Zahlen wie in Fig. 32 dargestellt, oder mit stetig fortlaufenden Zeigern wie in Fig. 32a.

Diese Umdrehungszähler werden durch Schnecke und Schneckenrad betätigt. Die Schnecke endigt in einer scharfkantigen Spitze, die mit mäßigem Druck in die Einkernung der Welle zu halten ist, deren Umdrehungen gezählt werden soll. Bei den Gasmotoren wird dies die Kurbelwelle oder die Steuerwelle sein. Das sichere Treffen der Achsmitte und das dauernde Halten des Instrumentes genau in Richtung der schnelllaufenden Welle erfordert Übung und ist beschwerlich. Es empfiehlt sich, den Umdrehungszähler

an einer Latte in Höhe des Wellenmittels zu befestigen. Setzt man dann den Fuß gegen das untere, auf dem Fußboden stehende Lattenende, so genügt ein geringes Vorbeugen derselben, um mit dem Instrument sicher in die Einkernung zu treffen und es mühelos in seiner Lage zu halten.

Beispiel zur Berechnung der Kraftleistung.

Um die Berechnung der Pferdestärken aus dem Bremsgewicht und der Umdrehungszahl an einem Beispiel zu erläutern, sei angenommen, daß das Gewicht 20 kg betrage, daß in 10 Minuten 2400 Umdrehungen gezählt wären und der horizontale Abstand des wirksamen Gewichtes vom Achsenmittel 1 m betrage.

Der Umfang des wirksamen Bremskreises ist dann $2 \times 3{,}1416 = 6{,}28$ m. Da in 10 Minuten 2400 Umdrehungen gemacht wurden, so lief der Motor mit $\frac{2400}{10} = 240$ Umdrehungen pro Minute und in der Sekunde mit $\frac{240}{60} = 4$ Umdrehungen. Das Gewicht von 20 kg ist also als mit $4 \cdot 6{,}28 = 25{,}12$ m pro Sekunde gehoben zu betrachten und wurden somit $20 \text{ kg} \cdot 25{,}12 \text{ m} = 502{,}4$ mkg geleistet. Da 75 mkg gleich einer Pferdestärke sind, so leistete der Motor

$$500{,}4 : 75 = 6{,}699 \text{ PS}.$$

Prüfung des wirtschaftlichen Wertes.

Die Bestimmung des wirtschaftlichen Wertes erfolgt während der Bremsung durch Ablesen des Gasverbrauches von der Gasuhr, sowie durch Ermittelung des Kühlwasser- und Ölverbrauches. Um den wirtschaftlichen Wert verschiedener Motoren untereinander annähernd vergleichen zu können, berechnet man Brennstoff, Wasser- und Ölverbrauch jedesmal für die Pferdekraft und Stunde. Sind beispielsweise in 10 Minuten, während welcher die Bremsung erfolgte, 600 l Gas abgelesen, so würde das einem stündlichen Verbrauch von $\frac{60 \cdot 600}{10} = 3600$ l entsprechen und für 1 Pferdestärke und Stunde $\frac{3600}{6{,}69} = \mathbf{523}$ l.

Zur Bestimmung des Gasverbrauches für $^3/_4$, $^1/_2$ und $^1/_4$ Last und den Leergang würde man die Bremse mit $^3/_4 \cdot 20 = 15$ kg, mit $^1/_2 \cdot 20 = 10$ kg, mit $^1/_4 \cdot 20 = 5$ kg zu belasten, und zum Schluß die Bremse ganz abzunehmen

haben. Für jede dieser Belastungen ist dann der Gasverbrauch pro Stunde und Pferdestärke zu ermitteln. Auf die »Stundenpferdestärke« bezogen, nimmt der Gasverbrauch mit verringerter Kraftabgabe erheblich zu, je größer der Motor um so ungünstiger werden diese Verhältnisse. So war z. B. der Gasverbrauch eines 10 PS-Motors pro Stunde und Pferdestärke

bei Volllast 450 l
» 3/4 Last 480 »
» 1/2 » 580 »
für den Leergang 1100 » stündlich.

Bei einem 60 PS-Motor wurden pro St. und PS gebraucht

bei Volllast 430 l
» 3/4 Last 520 »
» 1/2 » 795 »
» 1/4 » 1200 »
für den Leergang 11 500 » stündlich.

Aus diesen Angaben geht hervor, wie unvorteilhaft es ist, Gasmotoren mit stark wechselnder Belastung arbeiten zu lassen.

Will man den wirtschaftlichen Wert verschiedener Motorensysteme genau vergleichen, so genügt das Ablesen von der Gasuhr allein noch nicht. Dazu ist noch erforderlich:

1. daß die verglichenen Motoren gleiche Größe haben,
2. daß der Wärmewert des benutzten Gases derselbe sei,
3. daß die Temperatur des Gases beim Versuch die gleiche gewesen sei,
4. daß der Luftdruck der gleiche sei,
5. daß der Gasdruck, mit welchem die Uhr durchströmt wird, derselbe sei.

Es ist gebräuchlich, als normalen Wärmewert des Gases 5000 Wärmeeinheiten pro Kubikmeter anzunehmen, als normale Temperatur 0°, als normalen Luftdruck 760 mm Quecksilbersäule, als Gasdruck 15 mm Wassersäule.

Auf diesen Grundlagen und mit Hilfe nachstehender Beispiele sind die gefundenen Werte leicht umzurechnen.

Die Temperatur des Gases beim Versuch möge 15° betragen haben, das von der Uhr abgelesene, pro Stunde und Pferdekraft verbrauchte Gasquantum sei = 600 l. Dann ist der auf die Temperatur von 0° umgerechnete

$$\text{Gasverbrauch} = \frac{600 \times 273}{273 + 15} = \mathbf{569\ l.}$$

Der Barometerstand möge 735 mm Quecksilbersäule betragen haben, dann verringert sich das Gasvolumen von 569 l auf $\frac{569 \times 735}{760} = 550$ l.

Der Brennwert des Gases möge nur 4800 WE betragen haben, dann würden bei einem Brennwert von 5000 WE $\frac{4800 \times 550}{5000} = 528$ l zur Erzeugung einer Stundenpferdestärke genügt haben. Am verständlichsten drückt man den wirtschaftlichen Wert eines Motors durch Angabe der pro Stunde und Pferdestärke verbrauchten Wärmeeinheiten aus. Den Wärme- oder Heizwert des Gases erfährt man von der zuständigen Gasanstalt.

Wie erwähnt, läßt sich die Leistung größerer Motoren nur schwer mit der Bremse ermitteln; Motoren über 150 PS lassen sich mit heutigen Hilfsmitteln überhaupt nicht mehr bremsen. Nur wenn die großen Motoren zum Betrieb von Elektrizitätswerken oder Wasserwerken dienen, haben wir in der erzeugten Strommenge oder in der gehobenen Wassermenge Werte zur Hand, mit Hilfe deren sich die Kraftäußerungen der Motoren annähernd genau ermitteln lassen.

Theoretisch entsprechen 737 »Watt« (1 Watt gleich 1 Volt × 1 Ampere) einer Pferdestärke. Da der Nutzeffekt größerer Dynamomaschinen ca. 90 % beträgt, so kann man annehmen, daß zur Erzeugung von 660 Watt 1 Pferdestärke nötig ist. Für kleinere Anlagen, bei denen die Dynamomaschinen durch Riemen angetrieben werden, rechnet man für je 600 Watt 1 Pferdestärke.

Bei Wasserwerken kann man aus dem gehobenen Wassergewicht (1 cbm wiegt 1000 kg) und der Gesamtförderhöhe (Saug- und Druckhöhe) die Leistung auch annähernd bestimmen. Für die »Innere Arbeit« der Pumpenanlagen und den »Leitungswiderstand« in den Rohren lassen sich aber nur unsichere Angaben machen, sie hängen zu sehr von der Konstruktion der Pumpen, den Transmissionsorganen, der Saughöhe und der Länge und Führung der Rohrleitung ab.

Gleichzeitig mit dem Bremsversuch ist auch die Kühlwassermenge durch Aufsaugen und Messen des abfließenden Wassers zu bestimmen. Wo das Wasser einer städtischen Leitung entnommen wird, findet man hierzu meistens einen Wassermesser vor. (Sind besondere Pumpen zur Herbeischaffung des Kühlwassers vorhanden, so versäume man nicht, deren Kraftverbrauch von dem Bremsresultat abzuziehen.) Neben der Wassermenge ist auch der Temperaturunter-

schied des zu- und abfließenden Wassers zu bestimmen. Die durch die Kühlwasser abgeführte Wärmemenge bildet einen Prüfstein für die gute Konstruktion des Motors; je geringer diese Wärmemenge ist, um so wirtschaftlicher wird der Motor arbeiten, um so mehr der Wärme wird in Arbeit umgesetzt.

Um den Ölverbrauch zu bestimmen, wiegt man die Ölkannen vor und nach der Füllung der Schmierapparate.

An die Gleichförmigkeit des Ganges der Gasmotoren, welche für den Betrieb von Dynamomaschinen bestimmt sind, werden große Anforderungen gestellt, und es gehört mit zu den Prüfungen solcher Maschinen, daß der Grad der Gleichförmigkeit sowohl innerhalb der einzelnen Arbeitsperiode wie innerhalb verschiedener Belastungsgrenzen mit Hilfe des Tachographen oder des Tachometers bestimmt werde. Innerhalb einer Arbeitsperiode soll die Ungleichförmigkeit der Drehung nicht größer wie 0,8 % sein. Bei direkt von der Achse angetriebenem Dynamo läßt man nur 0,5 % Schwankung zu. Für die Schwankungen der Umdrehungszahl zwischen Vollast und $^1/_2$ Belastung werden meistens 2 % zugelassen.

Das wichtigste und nützlichste Instrument zur Prüfung der Gasmotoren auf ihre Leistung, auf die Güte der Konstruktion, Ausführung und Instandhaltung ist der

Indikator.

Von dem Wesen des Indikators erhält man durch Fig. 33 eine Vorstellung. Das Instrument besteht aus dem kleinen Zylinder *C* mit dem genau schließenden Kolben *K*. Letzterer ist mit einer Feder belastet, deren Stärke genau bekannt ist. Bringt man nun den Zylinder mit dem Verbrennungsraum des Motors in Verbindung, so daß sich alle hier abspielenden Druckschwankungen ungeschwächt auf den Indikatorkolben äußern können, so wird dieser bei Überdrucken im Verbrennungsraum hochgetrieben und die Feder zusammengedrückt, während bei entstehenden Unterdrucken der Kolben heruntergezogen und die Feder gedehnt wird. Die Stange des Indikatorkolbens trägt den Hebel *H* mit dem Schreibstift *S*, welcher den Weg des Kolbens *K* im vergrößerten Maßstab und in Proportionalität mit ihm, auf einer Schreibfläche verzeichnet. Als Schreibfläche dient ein Papierblättchen auf der Trommel *P*, welch letztere im Einklang mit dem Arbeitskolben des Motors bewegt wird. Durch Zusammenwirkung beider Bewegungen, der des Schreibstiftes und der der Schreibfläche entsteht eine Figur,

die man Indikatordiagramm nennt, aus dem sich nicht nur die im Verbrennungsraum herrschenden Drucke ablesen lassen, sondern auch die von den Verbrennungsgasen geleistete Arbeit, welche dem Inhalt der Figur proportional ist.

Durch die aus dem Diagramm berechnete Leistung wird die von den Reibungswiderständen in der Maschine selbst beanspruchte Arbeit mit zum Ausdruck gebracht, während die mit der Bremse ermittelte Leistung die Arbeit abzüglich der »inneren Reibung« angibt. Durch

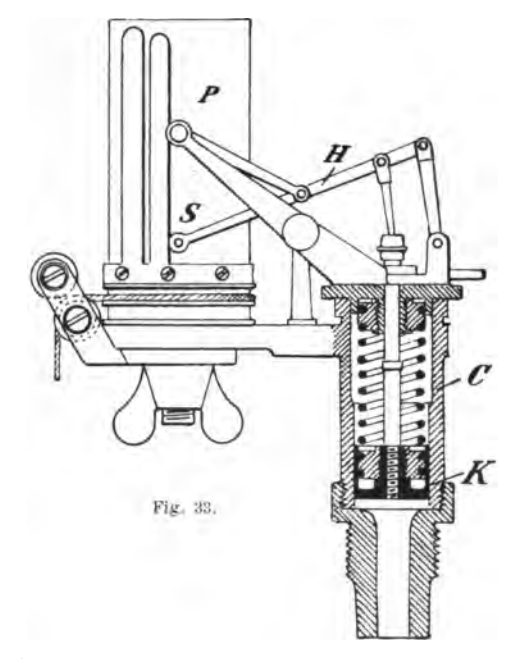


Fig. 33.

Abzug der Bremsarbeit von der indizierten Arbeit erhält man also die Größe der Reibungsarbeit, die bei kleinen schnelllaufenden Motoren bis 30 %, bei langsamlaufenden kleinen Gewerbemotoren 20 %, bei größten 15 % beträgt. Je kleiner der Wert der inneren Reibung ausfällt, um so sorgfältiger ist die Maschine ausgeführt.

Die Stärke der Indikatorfeder muß so bemessen sein, daß sie durch den nach der Zündung auftretenden höchsten Verbrennungsdruck möglichst bis zur äußersten Grenze zusammengedrückt wird, denn je größer die vom Indikator

verzeichnete Figur, um so größer die Genauigkeit, mit der ihr Inhalt berechnet werden kann. Da sich die Höhe des Verbrennungsdruckes nach der Stärke der verwendeten Kompression, nach der Qualität des Gases und nach der Größe und Konstruktion des Motors richtet, so gehört einige Erfahrung dazu, um die Stärke der Feder für die Untersuchung fremder oder neukonstruierter Motoren von vornherein richtig bestimmen zu können. Als Anhalt möge dienen, daß heute bei kleinen schnelllaufenden Gasmotoren auf 15—18 Atm. Anfangsdruck, bei langsamer laufenden kleinen Motoren bis auf 24 Atm., bei mittelgroßen und großen bis auf 35 Atm. gerechnet werden kann.

Da nach voraufgegangenen Fehlzündungen immer noch höhere Drucke wie die angegebenen auftreten, so versehen die Indikatorfabrikanten die Indikatorkolbenstange mit einem Anschlag, der verhindert, daß die Feder überanstrengt wird.

Es sind zurzeit zwei Größen von Indikatoren im Gebrauch. Das kleine Modell wird hauptsächlich für kleine schnelllaufende Motoren benutzt und liefert Diagramme von ca. 90 mm Länge und ca. 50 mm Höhe. Das große, für langsamlaufende große Motoren solche von ca. 110 mm Länge und ca. 60 mm Höhe. Obgleich dem kleinen Modelle Federn bis 30 Atm. beigegeben werden, bei denen also 1 mm Ausschlag des Schreibstiftes einer Atmosphäre entspricht, sind die damit genommenen Diagramme doch wenig geeignet, um die Leistung größerer Maschinen g e n a u zu berechnen.

Von besonderer Wichtigkeit bei Versuchen mit dem Indikator ist noch die Bewegungsvorrichtung der Schreibtrommel. In allen Fällen wird der Hub des Motors größer wie der des Indikators sein und man muß ersteren durch Einschaltung einer Hebel- oder Rollenübersetzung oder durch eine besondere, auf der Motorenachse befestigte K u r b e l passend verkürzen. Für kleine Motoren wird man immer mit der auf der Achse befestigten Kurbel, wie in Fig. 34 und 35 dargestellt, am schnellsten zum Ziel kommen. Für größere und große Motoren sind mehr die Hebelübersetzungen nach Art der Fig. 36 im Gebrauch. Auch Schnurrollenübersetzungen werden hier benutzt.

Während bei Verwendung der Hebel- und Schnurrollenübersetzungen die Proportionalität zwischen Kolben und Indikatorbewegung ohne weiteres besteht, muß man bei Verwendung der Kurbel (Fig. 34 und 35) darauf sehen, daß die Schnur zwischen Kurbel und Führungsrolle,

die hier die Pleuelstange vertritt, im Totpunkt der Motorenkurbel ebenfalls die Totpunktlage für die Schnur einnimmt d. h. die an den Indikator gehakte Schnur muß über den Mittelpunkt der Motorachse hinfort gehen. Beim Abnehmen des Indikatorpapieres und Aufstreifen eines neuen Blattes ist die Schreibtrommel jedesmal anzuhalten,

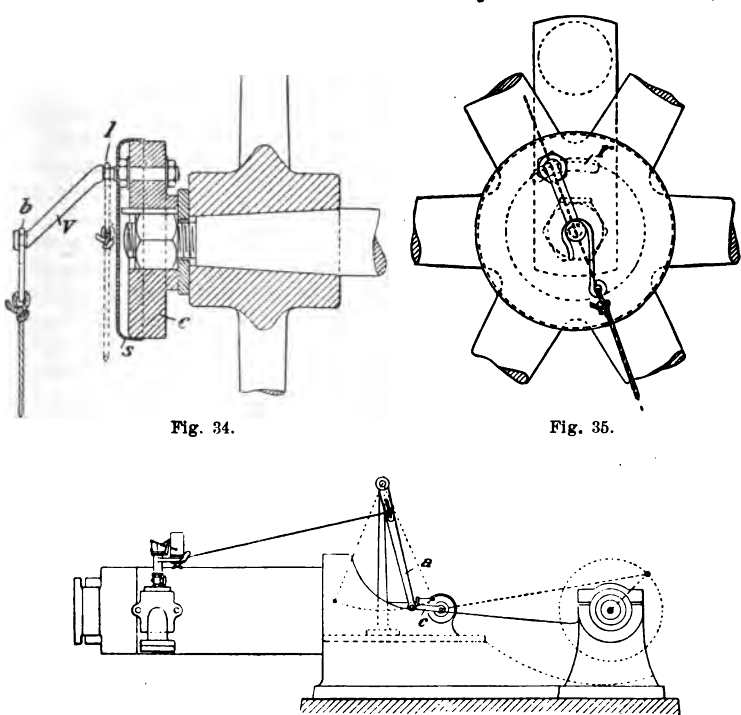


Fig. 34. Fig. 35.

Fig. 36.

während der Motor weiterläuft. Die meisten Indikatorfabrikanten rüsten daher ihre Instrumente mit einer Anhaltevorrichtung aus. Wo diese nicht angebracht ist, kann man die Indikatorkurbel nach der in Fig. 34 dargestellten Weise einrichten. Die Kurbel besitzt hier eine »Gegenkurbel« *v*, die bis auf den Mittelpunkt der Achse geführt ist, so daß die Trommel keine Bewegung erhält, wenn der Schnurhaken aus der punktierten Stellung nach links auf die Lagerstelle *b* geschoben ist. Je nachdem man mit einem Hammerstiel oder glatten Holz von außen oder

innen gegen die Indikatorschnur drückt, kann man sie ohne Schwierigkeit während des Ganges der Maschine nach dem Lager *l* oder *b* springen lassen und dementsprechend die Schreibtrommel in Bewegung setzen oder anhalten.

Es ist nicht zulässig, den Haken der Indikatorschnur aus Draht über 2 mm stark zu machen, denn schon bei Umdrehungszahlen von über 250 pro Minute wird sonst der Draht beim Hin- und Herschwingen der Schnur so erheblich zur Seite geschleudert, daß ein verzerrtes Diagramm entsteht.

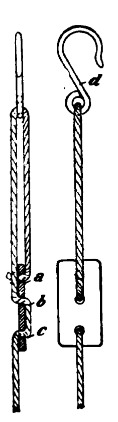
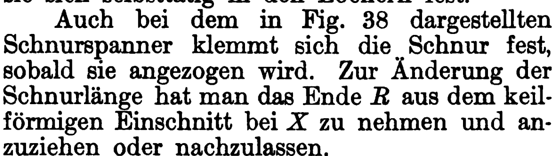


Fig. 37.

Da die Länge der Indikatorschnur für jeden Motor von neuem zu regulieren ist, so werden jedem Indikator besondere Schnurspanner mitgegeben, von denen zwei Arten in Fig. 37 und 38 dargestellt sind. Fig. 37 zeigt die ältere Einrichtung, sie besteht aus einem Holz- oder Metallplättchen mit drei Löchern *a*, *b*, *c*, durch welche die Schnur in der auf der Figur ersichtlichen Weise durchgezogen wird. Durch Verschieben des Plättchens nach der einen oder anderen Seite kann man ihre Länge verändern. Sobald die Schnur stramm gezogen wird, klemmt sie sich selbsttätig in den Löchern fest.



Auch bei dem in Fig. 38 dargestellten Schnurspanner klemmt sich die Schnur fest, sobald sie angezogen wird. Zur Änderung der Schnurlänge hat man das Ende *R* aus dem keilförmigen Einschnitt bei *X* zu nehmen und anzuziehen oder nachzulassen.

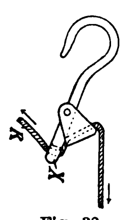
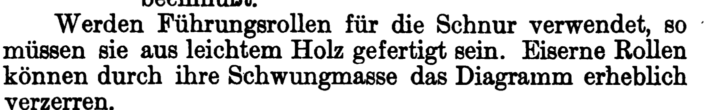


Fig. 38.

Die Bohrung, durch welche der Indikator mit dem Verbrennungsraum in Verbindung steht, muß so kurz und so weit wie möglich sein. Bei längeren engen Bohrungen bzw. Kanälen wird die Gestalt des Diagramms in der Höhe beeinflußt.



Werden Führungsrollen für die Schnur verwendet, so müssen sie aus leichtem Holz gefertigt sein. Eiserne Rollen können durch ihre Schwungmasse das Diagramm erheblich verzerren.

Durch die vom Schreibstift des Indikators erzeugte Figur — das Indikatordiagramm — wird eine bildliche Darstellung des Arbeitsvorganges im Arbeitszylinder gewonnen, mit Hilfe derer sich die Größe der auf den Arbeitskolben übertragenen Arbeit berechnen läßt. Außerdem ermöglicht aber die Form des Diagrammes noch, jeden Abschnitt des Arbeitsvorganges aufs genaueste zu

kontrollieren und gibt ein Mittel an die Hand, jede Störung am Motor in ihrer Ursache sicher erkennen zu können.

Für den Motorenfabrikanten ist der Indikator ein ganz unentbehrliches Instrument. Viel zu wenig bekannt ist aber noch, von welch großem Nutzen der Indikator auch für die Erhaltung eines sicheren und sparsamen Betriebes für den Gasmotorenbesitzer ist, denn mit seiner Hilfe können alle Mängel im Entstehen entdeckt und beseitigt werden, bevor sie Schaden bringen.

Die Größe der auf den Motorkolben übertragenen Arbeit wird am einfachsten ermittelt, indem man, wie aus Fig. 39 ersichtlich, das Diagramm der Länge nach in eine Anzahl gleicher Teile teilt. Die mittlere Höhe jeden einzelnen Abschnittes gibt den Druck an, welcher bei diesem Teil des Hubes geherrscht hat, und aus dem Durchschnittsmaß aller Mittelhöhen erhält man den mittleren Druck, welcher während des ganzen Arbeitshubes wirksam war.

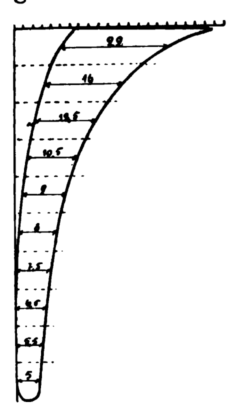


Fig. 39.

Das Diagramm Fig. 39 ist in zehn gleiche Teile geteilt, es ergeben sich zehn Mittelhöhen von 22, 16, 12,5, 10,5, 9, 8, 7,5, 6,5, 5,5 und 5 mm, die eine durchschnittliche Höhe von $\frac{102,5}{10} = 10,25$ ergeben. Da bei Entnahme des vorliegenden Diagrammes eine Indikatorfeder verwendet wurde, bei welcher 2 mm Weg des Schreibstiftes 1 Atm. Druckunterschied entsprach, so ergibt sich ein mittlerer Arbeitsdruck von $\frac{10,25}{2} = 5,12$ Atm.

Der Hub des Motors betrug 0,5 m, bei jeder Umdrehung durchläuft der Kolben diesen Weg einmal hin und einmal zurück, legt also $2 \times 0,5$ m $= 1$ m Weg zurück. 200 Umdrehungen wurden von dem Motor in der Minute gemacht, mithin $\frac{200 \times 1 \text{ m}}{60} = 3,33$ m in der Sekunde vom Kolben durchlaufen. Da der Motor im Viertakt arbeitete, so wirkte der 35,0 cm im Dtr: oder 962 qcm im Querschnitt große Arbeitskolben auf dem vierten Teil des Weges von $3,33 = 0,83$ m arbeitverrichtend; erzeugte also $962 \times 5,12 \times 0,83 = 4088,5$ mkg oder $\frac{4088,5}{75} = 54,5$ PS.

Das Ansaugen der Ladung und Ausstoßen der Verbrennungsprodukte ist mit Arbeitsverlusten verknüpft, welche sich ebenfalls aus dem Indikatordiagramm ermitteln lassen, wenn zu diesem Zweck eine besonders schwache Indikatorfeder oder ein Indikatorkolben von größerem Querschnitt benutzt wird. Diese Widerstände beim Ansaugen und Ausstoßen entsprechen unter normalen Verhältnissen Drucken von ca. $^1/_{15}$ bis $^1/_{10}$ Atm. Bei Benutzung des kleinen Kolbens, mit dem wir den bis 30 Atm. betragenden Arbeitsdruck aufnehmen, bei dem 2 mm = 1 Atm. sind, werden die geringen Drucke von $^1/_{10}$ Atm. nicht sichtbar, sie würden Höhenunterschiede von $^1/_7$ bis $^1/_5$ mm ergeben.

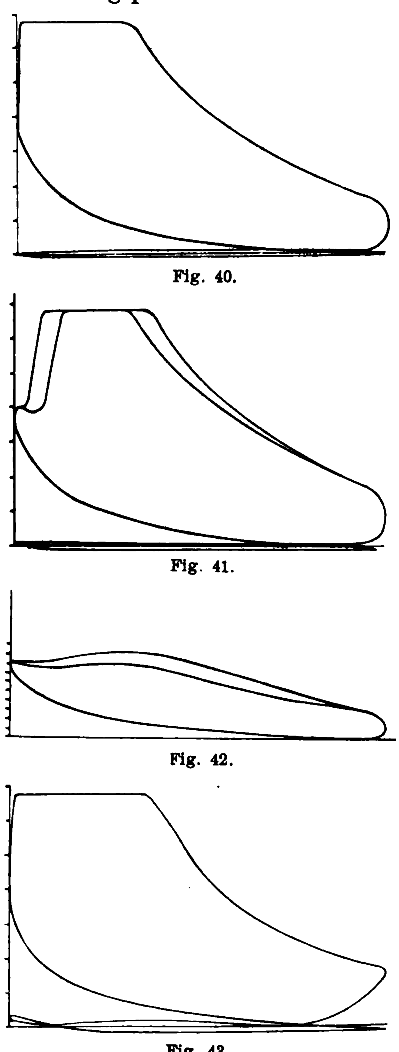


Fig. 40.

Fig. 41.

Fig. 42.

Fig. 43.

Fig. 40 zeigt ein Diagramm, welches mit einem 4 mal größeren Indikatorkolben an derselben Maschine, wie der in Fig. 39 dargestellte, entnommen wurde. Da die verfügbare Höhe der Schreibtrommel für Wiedergabe des ganzen Verbrennungsdruckes hier nicht ausreicht, so hat die Stange des Kolbens einen Anschlag, welcher den Hub begrenzt. Die Diagrammspitze erscheint also abgeschnitten. Da jetzt 8 mm einer Atmosphäre entsprechen, so ist aus diesem Diagramm der Unterdruck beim Ansaugen

und der Gegendruck beim Auspuffen deutlich sichtbar, namentlich da beide Drucke an dem geprüften Motor außergewöhnlich hoch waren. Die *Mitteldrucke* des Ansauge- und Auspuffdiagrammes wären nun auch noch zu ermitteln und ihre Summe von dem mittleren Arbeitsdruck abzuziehen, um die »indizierte Arbeit« genau zu erhalten.

In den Fig. 40 bis 43 sind Diagramme dargestellt, aus denen sich bestimmte Störungen beim Arbeiten des Motors deutlich zeigen lassen. Aus Fig. 41 sieht man ohne weiteres, daß die Zündung zu spät erfolgt.

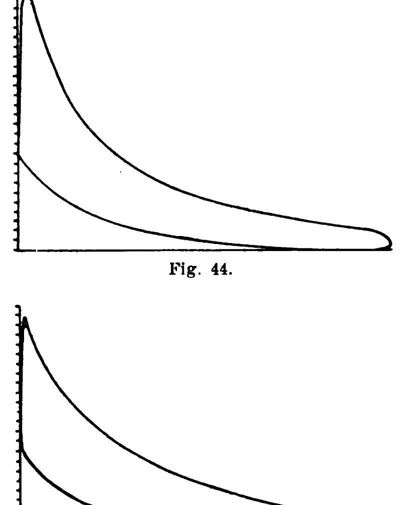


Fig. 44.

Fig. 45.

In Fig. 42 ist ein Diagramm dargestellt, welches bei sehr geringem Gasgehalt der Ladung entstand.

Fig. 43 zeigt ein Diagramm, welches an einem alten Motor mit abgenutzter Auslaßsteuerung genommen wurde. Es ist deutlich sichtbar, daß das Auslaßventil viel zu spät geöffnet und zu früh geschlossen wird.

In den Fig. 44 und 45 sind *normale* Diagramme eines mit Leuchtgas arbeitenden 30 PS und eines mit Generatorgas arbeitenden 300 PS Motors dargestellt.

Prüfung der Konstruktion.

Für die Prüfung der Konstruktion sind folgende Punkte zu beachten.

Die *Kurbellager* sollen bei kleinen und großen Motoren bis dicht an die Kurbelarme heranreichen und möglichst lang sein. Beim Arbeiten des Motors sollen sich an keiner Stelle, namentlich nicht an den Lagern Bewegungen oder Stöße bemerkbar machen. Die früher sehr beliebte Konstruktion, den Zylinder »freischwebend« am hinteren Rahmenende zu befestigen, kommt immer mehr außer Gebrauch. Wo dieselbe noch angetroffen wird, da muß man sich ebenfalls durch Anlegen der Hand an

den Zylinder überzeugen, daß dieser im Zündmoment nicht nach unten zuckt, sondern daß seine Verbindung mit dem Rahmen eine unwandelbar sichere und feste ist.

Der Zylindereinsatz ist für Motoren aller Bauarten zu fordern. Nur für kleine schnelllaufende Motoren, bei denen Arbeitszylinder mit Wassermantel ein schlichtes Gußstück bilden, das leichter und billiger wie der Einsatz einzubauen ist, kann man darauf verzichten.

Von den Schwungrädern und der Antriebsriemenscheibe ist zu bemerken, daß sie möglichst dicht am Lager zu befestigen sind, und falls dies nicht möglich ist, die Anbringung eines Wandlagers auch für kleine Motoren notwendig wird.

Wo es nicht auf große Gleichförmigkeit des Ganges ankommt, wie z. B. beim Betrieb von Pumpen und im Kleingewerbe, kann man auf schwere Schwungräder verzichten; nur dort, wo der Motor gleichzeitig zur Erzeugung von elektrischem Licht dient, würden sie notwendig sein.

Ungenügende Stärke des Schaftes oder der Arme der Kurbelachse kennzeichnen sich durch Flattern und Zittern des Schwungradkranzes im Moment der Zündung. Berührt man die abgedrehte Seitenfläche des Schwungradkranzes leise streifend mit dem Finger, so kann man das Zittern des Rades deutlich fühlen. Ist die Kurbelachse zu schwach oder sitzt das Schwungrad weit vom Lager ab, so ist das »Flattern« des Rades oft ohne weiteres sichtbar.

Die Konstruktion der Ventilgehäuse muß so ausgeführt sein, daß die Ventilkegel schnell herausgenommen werden können. Die Schleifflächen in den Gehäusen müssen dem Auge direkt sichtbar sein, damit das Nachschleifen bequem auszuführen ist und der dichte Schluß kontrolliert werden kann. Das Einlaßventil soll auch bei kleinen Motoren immer gesteuert werden. Gegenüber dem selbsttätigen Einlaßventil gewährt das gesteuerte Ventil eine ganze Reihe von Vorzügen.

Die Motoren gehen damit leichter an, haben höhere Kraftleistung, arbeiten wirtschaftlicher und geräuschloser. Werden angeschraubte Ventilgehäuse verwendet, so muß deren Konstruktion so beschaffen sein, daß die Ventilschleifflächen nicht durch das Anziehen der Befestigungsmuttern »verzogen« werden können.

Fig. 46 zeigt eine dieser unzulässigen Befestigungen des Ventilgehäuses, wie sie häufig von unerfahrenen Konstrukteuren ausgeführt werden. Punktiert ist angedeutet, wie durch angegossene Hülsen für die Befestigungsschrauben dem Verziehen des Ventilsitzes vorgebeugt werden kann.

Die Betätigung der Ventile soll so erfolgen, daß die Spindeln mit dem geringsten Seitendruck in ihren Führungen gleiten. Je einfacher und zweckentsprechender dieser Bedingung genügt ist, um so mehr Vertrauen verdient die Konstruktion.

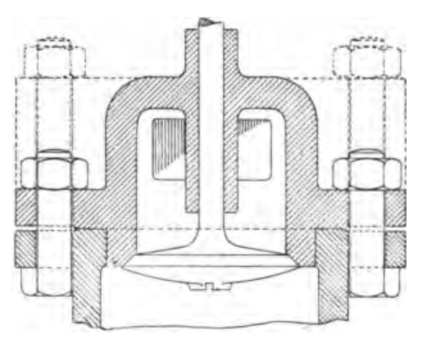


Fig. 46.

Als **Zündung** ist heute die »magnet-elektrische« am meisten in Gebrauch und trotz mancher Mängel auch die empfehlenswerteste. Für ortsfeste Anlagen, nicht zu schnellaufende Motoren (etwa bis 550 pro Minute) ist der in Abschnitt 2 besprochene »Abreißkontakt« der empfehlenswerteste. An kleinen, nach Art der Automobilmotoren gebauten Maschinen ist aber die »Kerzenzündung« mehr im Gebrauch. Bei den Abreißzündungen soll die Kontaktspindel mit dem innenliegenden Kontakthebel aus einem Stück geschmiedet sein. Die Federn zur Bewegung des Ankers bzw. der Polschuhhülse sind immer sichtbar und nachstellbar anzubringen.

Wo Glührohrzündung verwendet wird, soll ein mit grünem Kern brennender Gasbrenner vorhanden sein. Die Flamme darf beim Entzünden nicht »durchschlagen«, auch hat man darauf zu achten, daß der Brenner in Längsrichtung des Zündröhrchens verschiebbar ist, um den Zündzeitpunkt etwas berichtigen zu können. Bei Benutzung von Porzellanröhrchen empfiehlt sich die Ausrüstung jeden einzelnen Rohres mit einem Metallfuß, da die Rohre hauptsächlich beim Anschrauben zerbrechen, durch Einwirkung der Hitze und des Druckes selten. (Siehe Fig. 18, S. 25.)

Die **Zylinderschmierapparate** sollen für große und kleine Motoren so konstruiert sein, daß die Schmierung mit Ingangsetzung selbsttätig beginnt und beim Anhalten

selbsttätig aufhört. Einfache Tropfapparate empfehlen sich nicht, selbst für kleine Motoren nicht. Die Zahl der Tropfen nimmt nämlich mit sinkendem Ölstand ganz erheblich ab, so daß sie während jeder einzelnen Leerung des Behälters von Zeit zu Zeit neu einzustellen ist. Bei gut konstruierten Motoren findet man daher immer Schöpfwerke, Ölpumpen oder ähnliche Einrichtungen, welche vom Motor aus betätigt werden.

Für größere und große Gasmotoren sind die von den Dampfmaschinen her bekannten Schmierpressen im Gebrauch. Sie müssen das Öl so in Bewegung setzen, daß es zu der Zeit, wo der Kolben am Ende seines Aushubes ankommt, also am langsamsten läuft, die stärkste Pressung erfährt. Man findet häufig, daß selbst bei großen Motoren diese wichtige Regel nicht befolgt ist und die Bewegungsvorrichtung der Ölpresse zu einer ganz willkürlichen Zeit betätigt wird.

Im allgemeinen sei noch folgendes über zweckmäßige Konstruktion der Motoren gesagt:

Der bewegten Organe seien möglichst wenige. Das Zustandekommen jeder einzelnen Bewegung und die Art des Auseinandernehmens der einzelnen Teile muß sofort erkennbar sein. Die Zahl der Hebel und Gelenke für die Steuerung sei so gering wie möglich, denn je mehr Drehpunkte, um so mehr Geräusch und um so größer die Ungenauigkeiten, welche sich mit der Zeit in den Ventilbewegungen ausbilden.

Alle Teile, welche bei Reinigung des Motors zu entfernen sind, müssen ohne Schwierigkeiten und in kürzester Zeit gelöst und auseinander genommen werden können. Je bequemer und schneller diese Arbeiten auszuführen sind, um so mehr Vertrauen verdient die Konstruktion, und es ist sehr zu empfehlen, einmal selbst den Kolben herauszunehmen, selbst einen Ventildeckel zu lösen oder den Zündstutzen der elektrischen Zündung zu entfernen, denn auch der Laie wird hierbei sofort erkennen, ob man es mit einer wohldurchdachten bewährten Konstruktion zu tun hat.

Auch lasse man sich die Handgriffe zum Anlassen zeigen und versuche selbst den Motor in Gang zu bringen. Langsam laufende Motoren von 6—8 PS müssen auch von ungeübten Personen sicher ohne Anlaßvorrichtungen in Gang gebracht werden können. Geübte Wärter, welche ihre Maschine genau kennen, bringen selbst 20 PS-Motoren allein in Gang.

Prüfung der Ausführung.

Der bekannte Wahlspruch eines hervorragenden Maschinenfabrikanten: »Gute Arbeit ist mein bestes Patent« gilt für keine Maschine mehr wie für den Gasmotor. Die besten Konstruktionen sind wertlos, wenn sich nicht tadellose Ausführung zu ihnen gesellt.

Die Prüfung der Ausführung muß also mit besonderer Gründlichkeit vorgenommen werden. Sie ist auch für den Nichtfachmann mit Erfolg durchführbar, wenn er sein Augenmerk auf folgende Punkte richtet:

1. Auf Dichtigkeit des Kolbens.
2. Auf eine tadellose porenfreie dichte Zylinderwand.
3. Auf Reinigung der Ventilgehäuse und Kanäle von Formsandresten.
4. Daß alle Dichtflächen, welche häufig gelöst werden, nämlich die der Ventildeckel, des Zündstutzens bei elektrischer Zündung und der Zylinderdeckel bei kleineren Motoren, durch »Aufschleifen«, also nicht mit Asbestpappe oder ähnlichem Dichtmaterial, sondern durch unmittelbare Berührung vollkommen ebener Metallflächen hergestellt sind.
5. Auf Nachstellbarkeit der beiden Pleuelstangenlager.
6. Auf »weichen Gang« der Gelenke.
7. Auf Härtung aller Teile, welche der Abnutzung unterworfen sind, also der Gelenkbolzen, Daumen oder Nocken, der zugehörigen Rollen und aller Muttern, welche häufiger gelöst werden müssen, also die der Ventildeckel, Pleuelstangenlager und Achslager.
8. Auf das Vorhandensein gehärteter Stahlbüchsen an all den Lagerstellen und Gelenken der Steuerung und Regulierung, welche nicht nachstellbar ausgeführt sind.
9. Auf vollkommen scharf ausgeschnittene Gewinde der Schraubenbolzen und Muttern, sowie darauf, daß sich die Muttern leicht und doch sicher auf den Bolzen drehen lassen.
10. Auf gutes Passen der Schraubenschlüssel.

Für die Prüfung auf gute Ausführung in ihren Einzelheiten diene nachstehende Anleitung:

1. Um den **Kolben** auf sein Dichthalten zu prüfen, dreht man das Schwungrad soweit verkehrt herum, daß sich der Kompressionswiderstand voll geltend macht und hält dann das Rad möglichst lange Zeit in dieser Lage fest. Der Widerstand soll dabei wenig schwinden und das Rad beim Loslassen mit Kraft nach vorwärts getrieben werden. Bei gut eingepaßtem Kolben wird das Schwungrad auch nach minutenlangem Festhalten noch energisch bis in den vorderen Totpunkt zurückgetrieben.

2. Porosität der Zylinderwand äußert sich durch Rostbildung auf der Zylinderlauf- und Kolbenfläche, durch Braunfärbung des heraustretenden Schmieröles und falls die Poren groß sind und viel Wasser vom Wassermantel her durchsickert, durch Fortschleudern rostbraungefärbten Wassers.

Der Pleuelstangenschaft und die Kurbelarme sind bei solchen Maschinen stets mit einer braunen Flüssigkeit, bestehend aus einem Gemisch von Rostwasser und Schmieröl, beschmutzt.

Wenn die Anzahl der Wasser durchlassenden Poren nicht zu groß ist, so kann man sie durch vorsichtiges Dichthämmern verschließen. Um die Lage der einzelnen Poren festzustellen, verstopft man das Wasserabflußrohr und setzt den Wassermantel unter Druck. Allmählich vortretende Wasserperlen zeigen dann die Lage der Poren an. Da das Dichthämmern nur Erfolg hat, während der Druck im Innern des Wassermantels beseitigt ist, so müssen die Poren mit der Reißnadel angezeichnet werden, um ihre Lage während des Hämmerns sichtbar zu erhalten.

3. Der Reinigung der Ventilgehäuse und Kanäle von Formsandresten wird sehr oft seitens der Fabrikanten nicht genügende Aufmerksamkeit geschenkt. Öffnet man die Ventilgehäuse und fährt mit den Fingern, fest gegen die Wandungen drückend, im Innern entlang, so wird man in den Ecken festsitzenden, scharfen Formsand fühlen oder ihn wohl gar abreiben können. Untersucht man dann die Laufflächen der Arbeitszylinder und die Ventilschleifflächen solcher Maschinen, so finden sich sehr häufig in Fortsetzung des Einlaßkanals eingeschliffene Längsriefen und festgeschlagene Sandkörner, die das Dichthalten des Kolbens und der Ventile in Frage stellen. Die Längsriefen sind durch losgelöste Formsandreste entstanden, welche in den Zylinder gelangten. Ventilgehäuse und Kanäle müssen dann sofort gründlichst gereinigt werden.

In allen größeren Fabriken wird der Innenreinigung der Ventile, Zylinder und Kanäle, wie der Untersuchung

des Gusses auf absolute Dichtigkeit die größte Aufmerksamkeit geschenkt. Alle Hohlräume werden mit Drahtbürsten vom Formsand befreit und die Dichtigkeit des Gusses durch Prüfen mittels Wasser- und Dampfdruck ermittelt. Ein sehr empfehlenswertes Mittel zur gründlichen Beseitigung aller Formsandreste besteht darin, daß man die Hohlräume der Ventile und Kanäle in den Zylindern, welche schwer zugänglich sind, mit verdünnter Salzsäure ausspült oder einpinselt und so eine Zeitlang stehen läßt. Hierdurch lösen sich alle Sandreste mit Bestimmtheit los und können dann durch Ausblasen der Räume mit Dampf sicher entfernt werden. Diese Reinigung ist sehr wichtig und man ist zum Mißtrauen gegen jeden Motor berechtigt, welcher in dieser Beziehung Mängel aufweist.

4. Das Vorhandensein von Schleifflächen an den Ventil- und Zylinderdeckeln ist wie gesagt ein Zeichen sorgfältiger Ausführung. Es empfiehlt sich die Schleifflächen vor jedem erneuten Zusammenschrauben leicht mit Öl einzureiben.

Leider giebt es viele Motoren, an denen sämtliche Dichtungen mit Asbest ausgeführt sind. Welche Bequemlichkeit und Sicherheit Schleifflächen darbieten, lernt man erst kennen, wenn man mit beiden Dichtungsarten gearbeitet hat.

Eine während des Betriebes zerreißende Asbestdichtung ist durchaus keine Seltenheit; sie zwingt zum Anhalten des Motors. Das Abschrauben des betreffenden Teiles, die Herstellung der neuen Dichtung und die Wiederbefestigung nehmen oft lange Zeit in Anspruch.

5. Da auch die kleinsten Gasmotoren mit gekröpften Kurbelachsen ausgerüstet sind, so ist schon hierdurch die Nachstellbarkeit des zugehörigen Pleuelstangenlagers bedingt. Nicht so sicher findet sich das nachstellbare Lager auf der Kolbenseite. Für kleine, nach Art der Automobilmotoren gebaute Maschinen mit geschlossenem Kurbelgehäuse und Schmierung durch Ölspülung arbeitend, mag eine geschlossene gehärtete Stahlbüchse mit großer Lagerfläche genügen, bei allen anderen Bauarten ist aber die Nachstellbarkeit zu fordern.

Man versäume also nicht die Pleuelstangen aus dem Kolben herauszunehmen und sich von der Nachstellbarkeit und zuverlässigen Schmiervorrichtung zu überzeugen. Bei jeder Reinigung des Kolbens soll man die Gelegenheit benutzen, auch das Pleuelstangenlager und den zugehörigen Bolzen zu untersuchen, ob er mit einer Ölschicht überzogen ist. Die Ölzuführungsrohre nach dem Kolbenzapfen

verstopfen sich häufig und die Folge ist dann, daß das Lager sich schnell abnützt. Ist es nicht nachstellbar, so kann man durch Verdrehen der Büchse um 90° den Schaden beseitigen.

6. Die Prüfung auf »weichen« sicheren Gang der Gelenke an den Gestängen der Steuerung und der Reguliervorrichtung ist in der Weise vorzunehmen, daß man die Ventile und den Regulator von den Gestängen durch Entfernung des zugehörigen Bolzens abkuppelt und nun den im übrigen verbunden bleibenden Mechanismus mit der Hand in den Bahnen hin- und herführt, die er beim Arbeiten durchläuft. Sind die Gelenke genau zusammengepaßt und die Drehpunkte der Hebel genau montiert, so fühlt man in der Gleichmäßigkeit des Widerstandes sofort den »weichen Gang«. Es empfiehlt sich auch diesen oder jenen Gelenkbolzen herauszunehmen, die Zugstange zu heben und wieder an ihren Ort zu bringen. Ohne rechts oder links aufzustoßen soll sich dann das Gelenk wieder zusammenfügen und auch der Gelenkbolzen wieder einführen lassen.

7. Alle der Abnutzung ausgesetzten Lager und sonstigen Teile, welche nicht »nachstellbar« ausgeführt werden können, müssen »gehärtet« sein. Dazu gehören der Lagerbolzen im Kolben, die Gelenke der Steuerungsteile und des Regulatorgestänges, die Daumen oder Nocken mit zugehörigen Rollen, Wälzhebel, Kulissen und Kulissensteine, sowie alle diejenigen Muttern, welche häufig gelöst werden.

Die genügende Härtung wird untersucht, indem man die genannten Teile mit einer weniggebrauchten harten Feile zu ritzen versucht. Alle sollen diesem Versuch widerstehen. Es ist auch zu empfehlen, sich Bruchproben von den gehärteten Teilen vorlegen zu lassen, etwa eine auseinandergetriebene Mutter, um daraus ersehen zu können, wie tief die Härtung eingedrungen ist. Eine Oberflächenhärtung, wie sie in Schlossereien durch »Abbrennen« mit Ferrozyankalium hergestellt wird, ist für Maschinenteile zwecklos, hier muß die Härtung durch »Einsetzen« d. h. durch längeres Glühen mit Härtemitteln, welche die Härtung mehrere Millimeter tief vermitteln, bewirkt werden.

8. Ortsfeste Gasmotoren liegender Bauart werden bei sorgfältiger Konstruktion oft schon von 2 PS ab mit Steuerwelle, gesteuertem Einlaßventil und Zentrifugal-Regulator ganz nach Art größerer Motoren ausgerüstet. Für die Steuerung und Regulierung sind hier eine Anzahl

von Hebeln und Zugstangen nötig, welche meist in Gußeisen, Stahl- oder Temperguß hergestellt werden. Für die Dauerhaftigkeit und den dauernd geräuschlosen Gang ist es dann erforderlich, daß für die Lagerung der Achsen und Bolzen in diesen Gußteilen gehärtete Büchsen eingesetzt sind.

9. Gut ausgeschnittene Gewinde der Schraubenbolzen und genau passende Schraubenmuttern gelten als Kennzeichen für gute Arbeit, es gehört keine große Erfahrung dazu, um dies beurteilen zu können. Den sichern Gang der Muttern auf den Bolzen prüft man, indem man sie hier oder dort löst und nun mit der Hand abschraubt. Es soll sich dabei ein leichter gleichmäßiger Widerstand bemerkbar machen, die Mutter darf seitlich nicht wackeln und auch ihr Gewinde soll sich ebenso sorgfältig und scharf ausgeschnitten erweisen wie das des Bolzens.

10. Endlich zeigt auch das gute Passen der Schraubenschlüssel zu den verschiedenen Muttergrößen an, daß der Fabrikant bestrebt ist in jeder Beziehung vollendete Maschinen zu liefern.

Prüfung des Verhaltens der Maschine im Betriebe.

Prüfung auf leichtes Anlassen, leichten und geräuschlosen Gang.

Erst die Verwendung der »Sauggasanlagen«, bei denen der Motor den Brennstoff selbst herbeiholen muß und die Qualität des Gases nicht so gleichmäßig, wie die des Leuchtgases ist, hat es mit sich gebracht, daß man dem leichten Anlassen des Motors größere Aufmerksamkeit schenkte. Die Ansprüche, welche bis dahin in dieser Hinsicht gestellt wurden, waren sehr bescheiden. Es wurde als selbstverständlich angesehen, wenn zum Anlassen eines größeren Motors 3 oder 4 Schwungraddreher herbeizurufen waren, die dann mit vereinten Kräften und oft erheblichem Zeitaufwand die Maschine in Gang brachten. Heute ist dies anders, es wird verlangt, daß der Wärter seinen Motor allein anlassen könne, gleichgültig welcher Größe derselbe ist; wo die Kraft eines Mannes nicht ausreicht, da sind zuverlässige »Anlaßvorrichtungen« zu fordern. Für Sauggasanlagen, bei denen meist eine größere Anzahl von Umdrehungen wie bei Leuchtgasmotoren nötig sind, finden sich auch bei kleinen Motoren fast immer Preßluft-Anlasser, mit denen der Wärter die Maschine mühelos in Gang bringen kann.

Kleine im Viertakt arbeitende Leuchtgasmotoren, bei denen der Wärter das Schwungrad bequem drehen kann, sollen sich nach spätestens 4 Umdrehungen in Gang setzen. Zweitaktmotoren müssen schon nach 2 Umdrehungen angehen.

Der **leichte Gang** des Motors hat einen wesentlichen Einfluß auf den Brennstoffverbrauch. Für Maschinen mit »Aussetzerregulierung« bietet das Verhältnis der »Aussetzer« zu den »Ladehüben« einigen Anhalt. Bei kleinen Motoren sollen auf einen Ladehub bzw. eine Zündung 8—10 Leergangs-Umdrehungen folgen. »Der leichte Gang« hängt ab von der genauen Ausführung der Maschine, von der Schwere der Konstruktion, der Umdrehungsgeschwindigkeit und von dem Anzug der Lager.

Eine mit schwerem Schwungrad, starker Kurbelachse und schwerem Kolben gebaute Maschine hat größere Reibungswiderstände in den Lagern und im Zylinder zu überwinden wie leichtere Konstruktion. Ebenso bietet auch der schnellaufende Motor mit vielen Kolbenwechseln größere Widerstände wie ein solcher mit mäßiger Umdrehungsgeschwindigkeit.

Ein sogenannter »langer Auslauf« des Motors, d. h. eine große Anzahl von Umdrehungen nach Abschluß der Gaszufuhr bis zum völligen Stillstand, ist nicht immer ein Zeichen für den leichten Gang. Die Zeit des Auslaufens hängt wesentlich von der Schwere oder der Größe des Schwungrades ab.

Den besten Anhalt für die Beurteilung des leichten Ganges eines Motors bietet sein Verhalten kurz vor dem Stillstand. Je allmählicher der Stillstand erfolgt, um so geringer die inneren Reibungswiderstände. Als weiteres sicheres Zeichen für den leichten Gang bei neuen Maschinen mit gut dichtenden Kolben und Ventilen ist das »Pendeln« des Schwungrades zu bezeichnen. Ist nämlich der Motor nahe dem Stillstand, so reicht die lebendige Kraft des Schwungrades nicht mehr hin, den Widerstand der vollen Kompression zu überwinden, es wird durch den Kolben zurückgetrieben, bevor dieser den Totpunkt erreicht hat und schwingt in entgegengesetzter Drehungsrichtung herum, um abermals die im Zylinder enthaltene Luft durch den Kolben zu verdichten; wiederum wird es dann zur Umkehr veranlaßt und fortfahren hin und her zu »pendeln« bis endlich der Stillstand erfolgt. Je größer die Anzahl dieser Pendelschwingungen des Schwungrades ist, um so leichter geht der Motor, um so dichter halten Kolben und Ventile.

Der **geräuschlose Gang** eines Gasmotors ist eines der besten Kennzeichen guter Konstruktion und sauberer Ausführung.

Im Augenblick der Zündung darf kein dumpfes Geräusch im Zylinder hörbar sein. Das Heben und Senken der Ventile und das Arbeiten der Steuerungsteile muß unhörbar sein.

Motoren, bei denen das Einlaßventil vibriert oder mit hörbarem Schlag auf seinen Sitz fällt, bei denen der Auslaßdaumen mit vernehmbarem Schlag gegen die Rolle des Auslaßhebels oder die der Ventilführungsstange schlägt, sind nicht sorgfältig konstruiert und ausgeführt, bei ihnen werden die Ventile und Steuerungsteile bald reparaturbedürftig sein. Die zum Antreiben der Steuerwelle etwa vorhandenen konischen Räder müssen dicht »kämmen« und ohne Geräuch arbeiten; es darf sich das Anheben des Auslaßventiles nicht durch einen Stoß in den Zähnen bemerkbar machen. Bei Verwendung von Schraubenrädern darf keine Verschiebung der Steuerwelle oder gar der Kurbelachse beim Anhub des Auslaßventiles sichtbar werden.

Wo die Regulierung durch Abstütz- oder Stoßklinken erfolgt, hat man darauf zu achten, daß die Klinken nicht abschnappen, sie müssen entweder sicher einfallen oder gar nicht.

Auch das Geräusch beim Ansaugen der Betriebsluft und namentlich das Auspuffgeräusch muß ein mäßiges sein und darf der Nachbarschaft keine Veranlassung zu Klagen bieten.

Für genügende Beseitigung des Auspuffgeräusches mache man den Lieferanten des Motors verantwortlich.

Sechster Abschnitt.

Wartung der Motoren.

Bei der erstmaligen Ingangsetzung eines Motors an einem neuen Aufstellungsort sind gewisse Vorsichtsmaßregeln zu beobachten und Arbeiten auszuführen, die bei der Wartung während des regelmäßigen Betriebes fortfallen. Es ist nämlich zu berücksichtigen, daß die Hohlräume der Gasuhr, der Gasleitung, des Gasdruckregulators und des Gummibeutels vor dem ersten Anlassen nicht mit Gas, sondern mit Luft gefüllt sind, daß also der Versuch den Motor unter diesen Verhältnissen anzulassen, so lange vergeblich sein muß, bis die in den Hohlräumen stehende Luft durch Gas verdrängt ist.

Da wir es meistens mit einem Viertaktmotor zu tun haben, der nur bei jeder zweiten Umdrehung Gas aus der Leitung entnimmt und dann auch nur $^1/_6$ des Zylindervolumens, so hat man eine große Zahl vergeblicher Schwungradumdrehungen zu machen, bis endlich reines Gas vor dem Motor steht und sich Gemisch bilden kann. Diese beschwerliche Arbeit kann gespart werden, wenn vor dem Anlassen die Luft durch das von Hand gelüftete Gas- oder Mischventil oder durch den besonders hierzu angebrachten Hahn abgeblasen wird; der Zweck ist erreicht, wenn sich Gasgeruch im Lokal bemerkbar macht.

Das ausströmende mit Luft verdünnte Gas zu entzünden, ist hierbei nicht statthaft.

Bläst man das Gas nicht ab, sondern versucht die Luft durch Drehen des Motors fortzupumpen, so bildet sich in den erwähnten Hohlräumen Gasgemisch und zwar nahe dem Motor langsam brennendes, näher der Gasuhr schnell brennendes Gemisch. Auch im Zylinder entsteht

allmählich langsam brennendes Gemisch, das, wie wir später hören werden, die Ursache vorzeitiger Entzündung der Ladung bei noch geöffnetem Gasventil ist, und zur Fortpflanzung der Verbrennung in die Gasleitung führen kann. Diese Verbrennung nimmt dann in den Hohlräumen die Form einer Explosion an, durch welche, wie die Erfahrung lehrt, die wenig widerstandsfähigen Wandungen des Gummibeutels, des Gasdruckregulators und der Gasuhr auseinander gesprengt werden.

Dieselben Ursachen sind übrigens auch die Veranlassung, daß man das Anlassen der Sauggasmotoren immer erst dann vornehmen darf, wenn dem Probierhahn am Motor reines mit rötlich blauer Flamme brennendes Generatorgas entströmt.

Auch hier können sonst die Hohlräume der Gasanlage noch mit Gasluftgemisch erfüllt sein und Explosionen von zerstörender Wirkung stattfinden. Da sich die Apparate der Sauggasanlage nach jedem Stillstand zum Teil mit Luft füllen können, so ist das Hinaustreiben des verdünnten Gases vor jedem Anlassen unbedingt notwendig.

Damit sind aber die Vorbereitungen für das erstmalige Anlassen der Leuchtgasmotoren noch nicht ganz erledigt, denn auch die Qualität des Gases und der Gasdruck, welche in den verschiedenen Städten sehr voneinander abweichen, haben großen Einfluß auf die Zusammensetzung des Gemisches und müssen bei den Mischorganen insofern berücksichtigt werden, als die Öffnungen für Luft und Gas in das richtige Verhältnis zu bringen sind. Meistens sind die Motoren zu diesem Zweck mit einem Luftschieber oder Lufthahn ausgerüstet, mit dessen Benutzung mehr oder weniger Luft zugeführt werden kann. Eine Verengung des Einlaßquerschnittes ist aber nicht wünschenswert, denn die Widerstände beim Ansaugen werden hierdurch vergrößert und sowohl die Wirtschaftlichkeit wie die Leistung des Motors vermindert. Jedenfalls muß dafür gesorgt werden, daß die Einlaßleitung keine engeren Stellen erhält wie der freie Querschnitt in dem gehobenen Ventil sie darbietet.

Da der Gehalt des »Gemisches« an Leuchtgas nur den 5. bis 6. Teil des Luftvolumens ausmacht, so wird durch Änderung der Gasmenge die Gesamteinlaßöffnung weniger beeinflußt, als wenn man mit der Luft reguliert.

Bei Sauggasanlagen ist das Mischungsverhältnis c. c. 1 : 1, hier würde es also gleichgültig sein, ob man das »Gemisch« durch Änderung des Luft- oder Gasquerschnittes reguliert, wenn nicht eine Verkleinerung des Gaseintrittes auf die

beste Ausnutzung der Generatoranlage schädigend einwirkte. Hier läßt man also die Gasöffnung möglichst ganz auf und reguliert das Gemisch mit der Luft ein. Da die Zusammensetzung des Generatorgases von der Qualität der Kohlen, von der Belastung des Motors und manchen anderen Einflüssen abhängt, so muß der Wärter das Gemisch nach jedem Anlassen einregulieren und ebenso auch noch während des Betriebes häufig eine Nachregulierung vornehmen.

Bei Motoren mit gut konstruierten Mischventilen vergrößert oder verkleinert man deren Gasöffnungen. Sind keine oder unvollkommene Mischventile vorhanden, so setzt man wohl nahe dem Gasventil eine sogenannte Drosselscheibe in die Gasleitung und ermittelt durch Vergrößerung oder Verkleinerung der Öffnung in der Drosselscheibe den günstigsten Gasverbrauch.

Die genaue Einstellung des besten Gemisches ist sehr umständlich und kann nur durch eine Reihe von Versuchen mit Benutzung der Kraftbremse, des Indikators und der Gasuhr erfolgen.

Verzichtet man auf größte Genauigkeit, so kann ein Verfahren zur Anwendung gelangen, bei dem man aus der Farbe und dem Ton der aus dem Motor strömenden und entzündeten Gasgemische einen Rückschluß auf seine richtige Zusammensetzung zieht.

Die Zündung ist bei diesem Versuch auszuschalten. Als Ausströmungsöffnung wählt man am besten die Mündung des Auslaßventiles. Steht der Auspufftopf dicht beim Motor, so genügt es auch den ersteren zu entfernen. Für die Entzündung wird hierbei am besten eine lang brennende Leuchtgas- oder eine Spiritusflamme benutzt, nur die Spitze der Flamme darf vor die Rohröffnung gehalten werden, da die herausschnellenden Verbrennungsgase sonst die Flamme jedesmal ausblasen. Der Motor muß bei diesem Versuch mit möglichst gleichbleibender Geschwindigkeit gedreht und bei wechselnder Gaszufuhr das ausströmende Gemisch probiert werden.

Gutes Leuchtgasluftgemisch brennt mit charakteristisch hellblauer Farbe und erzeugt dabei einen heulenden Ton. Je schärfer und lauter der Ton, um so mehr nähert man sich der richtigen Zusammensetzung des Gemisches. Durch Ändern der Gashahnstellung ist dann leicht die Flamme zu erzeugen, welche mit rein hellblauer Farbe ohne jeden gelblichen Schein und mit stärkstem Ton brennt. Wird zu langsam gedreht, so schlägt die Flamme in den

Zylinder zurück und der Rest des Gemisches fährt mit einem Knall aus der Rohröffnung heraus.

Ist der Motor später in regelmäßigem Betrieb und sind die ersten Gasrechnungen eingelaufen, so kann man das am wirtschaftlichsten arbeitende Gemisch noch nachträglich durch Verringern oder Vergrößern der Gaszufuhr genauer feststellen.

Anlassen bei regelmäfsigem Betriebe.

Beim Anlassen während des regelmäßigen Betriebes sind die verschiedenen Handgriffe immer in derselben Reihenfolge zu machen. Durch Übung wird der Wärter dahin kommen diese Reihenfolge ganz mechanisch einzuhalten. Sie können mit Zugrundelegung nachstehender Vorschrift erfolgen:

1. Öffnen des Hauptgashahnes und des Hahnes vor dem Gummibeutel. Aufblähen des Gummibeutels beobachten.
2. Entzünden der Heizflamme bei Glührohrzündung. Bei elektrischer Zündung prüfen, ob der Strom vorhanden ist.
3. Füllen der Schmierbehälter in stets derselben Reihenfolge. Beobachten des Öltropfenfalles.[1])
4. Netzen der Auslaßventilspindel und der Kontakthebelspindel mit Petroleum. Prüfen der Beweglichkeit des Auslaßventiles und des Kontakthebels.
5. Einrücken der Einrichtung für die Kompressionsverminderung und Zurücklegung des Zündzeitpunktes. Abstützen des Regulators für das Anlassen, falls diese Einrichtung am Motor vorhanden.
6. Öffnen des Gashahnes am Motor, einstellen desselben auf die für das Anlassen ausprobierte Marke.
7. Anlassen durch wohl einzuübende Griffe am Schwungrad oder Betätigung der Anlaßvorrichtung.

[1]) Während der kalten Jahreszeit kann das Schmieröl so dickflüssig werden, daß es sehr langsam aus der Kanne fließt, und auch die Tropföler, so lange der Motor noch kalt ist, zu wenig ölen. Die Ölkannen sind dann rechtzeitig anzuwärmen, so daß die Ölbehälter mit warmem dünnflüssigem Öl gefüllt werden können.

8. Sobald die Zündungen regelmäßig folgen und der Motor einige Geschwindigkeit angenommen hat, Einrücken der Kompression, Zündzeitpunkt vorlegen, Gashahn auf Betriebsstellung.
9. Öffnen und Einstellen der Kühlwasserzuflüsse.
10. Einrücken des Betriebsriemens.

Wartung während des Betriebes.

1. Prüfung der Kühlwassertemperatur durch Berühren des ablaufenden Wassers.
2. Beobachten der Tätigkeit der Schmierapparate.
3. Bei Sauggas und Druckgasanlagen Nachregulieren des Gemisches.
4. Im Winter wiederholtes Ablassen des Niederschlagwassers aus dem Auslaßtopf.

Anhalten des Motors.

1. Ausrücken des Betriebsriemens.
2. Hahn vor dem Gummibeutel schließen. Ist letzterer entleert, Gashahn am Motor zu. Heizflamme für das Zündrohr auslöschen. Öffnen des Ölablaßhahnes .am Motor, falls ein solcher vorhanden ist, bis Stillstand erfolgt.
3. Bei Sauggasanlagen Zugwechsel umstellen.
4. Abstellen der Schmierapparate. Schluß des Gashahnes vor der Gasuhr.
5. Einstellen des Arbeitskolbens auf Abschluß der Zylindergleitfläche, so daß die Steuerung eben das Auslaßventil öffnet.
6. Abschluß des Kühlwassers **nach** vollständigem Erkalten der Maschine. (Hierdurch wird die Bildung von Kesselstein verhindert, der hauptsächlich dann entsteht, wenn das im Motor stehende Wasser ruht und von den erhitzten Metallwänden nachgewärmt wird.)
7. Ablassen des Wassers aus dem Auslaßtopf.

8. Ist Frostwetter zu erwarten, so muß das Wasser aus allen Kühlräumen des Zylinders abgelassen werden, auch aus dem etwa vorhandenen Rippenkühler.

Reinigung des Motors.

a) **Die äußere Reinigung** des Motors hat jeden Abend unmittelbar nach dem Anhalten zu erfolgen, wenn er noch warm ist. Sie erstreckt sich auf alle blanken und lackierten Teile und wird mit weicher reiner Putzwolle bewirkt. Das von den Lagern heruntergelaufene Schmieröl, das sich im Ölrand am Fuße des Maschinengestelles und in den Ölfängern angesammelt hat, wird von Zeit zu Zeit abgelassen, in Ölfiltern gereinigt und zum Schmieren der Lager und Steuerungsteile wieder verwendet. Zum Schmieren des Kolbens wird neues Öl benutzt.

b) **Die innere Reinigung** erstreckt sich auf Reinhaltung der Ventilgehäuse, der Ventilkegel, des Auspufftopfes, der Auspuffleitung, des Verbrennungsraumes, des Kolbens mit seinen Ringen und der Zylindergleitfläche.

Für die Zeitabschnitte, in welchen die innere Reinigung eines Gasmotors vorzunehmen ist, läßt sich nichts Bestimmtes angeben.

Die Konstruktion, der verwendete Brennstoff, die Sorgfalt und Sachkenntnis, mit welcher des Motors gewartet wird, spielen dabei eine große Rolle. Normale Verhältnisse vorausgesetzt, kann man annehmen, daß bei ortsfesten Leuchtgasmotoren und täglich 10stündiger Betriebszeit, etwa alle 8 Wochen ein Herausnehmen und Besichtigen der **Ventile, Ventilgehäuse** und des **Zündstutzens** der elektrischen Zündung nötig sein wird. Zeigen sich die Köpfe der Ventile und die vorspringenden Teile des Zündstutzens mit Ölkohle belegt, so ist die Schicht mittels eines geeigneten Schabers aus Schmiedeisen zu beseitigen. Die Ventilspindeln und die Spindel des Kontakthebels sind mit einem Petroleumlappen zu reinigen. Auch das Innere der Ventilgehäuse ist dabei zu besichtigen und etwaige Ansätze von Ölkohle ebenfalls mit geeigneten Instrumenten zu beseitigen. Die mit Sauggasgeneratoren betriebenen Maschinen erfordern häufigere Reinigung wie bei Verwendung von Leuchtgas, doch stehen sie bei gut konstruierten Generatoranlagen, mit hohen Generatorschächten, Trockenreinigern und Teerfängern den Leuchtgasmotoren

nur wenig nach. Es gibt Sauggasanlagen die 30 Tag- und Nachtschichten ohne anzuhalten benutzt werden können.

Wird dem Verdampfer des Generators kein überschüssiges Wasser zugeführt und hält man mehrere **Teerfänger** bereit, von denen der mit Teer erfüllte sofort zur Reinigung in einen Behälter mit Petroleum zu legen ist, so hat man immer einen reinen durchlässigen Apparat zur Verfügung und kommt lange Zeit ohne Reinigung der Ventile aus.

Da der größte Teil des dem Zylinder zugeführten Schmieröles in Form von Öldämpfen und Ölstaub mit den Auspuffgasen durch das Auslaßventil hindurch entweichen muß, so wird man verstehen, wie wichtig es ist, nicht zu stark zu schmieren. Die den Zylinder benetzende Ölschicht soll nur so dick sein, daß der gute Schmierzustand eben erhalten bleibt, daß immer nur Öl in verdampfter Form aus dem Auspuffrohr entweicht und nicht als Ölstaub mitgerissen werden kann, denn dieser ist es, welcher sich in dem Auslaßventil, dem Auspufftopf und dem Auspuffrohr in Gestalt von Ölkohle festsetzt. Hieraus wird auch verständlich, daß es von Übel ist, wenn man dem schädigenden Einfluß eines undichten Kolbens durch stärkere Schmierung und stärkere Wasserkühlung entgegenarbeiten will. Ganz abgesehen von dem großen Öl- und Wasserverbrauch wird man sehr bald eine Verstopfung der Auspuffleitung wahrnehmen, deren Beseitigung zu den langwierigsten und unangenehmsten Arbeiten gehört, die dem Wärter vorkommen. Ist der Kolben undicht, so helfen nur neue Kolbenringe oder ein neuer Kolben und Nachbohren des Zylinders.

Bei jedem Herausnehmen des Auslaßventils hat man Gelegenheit, den Abzweig nach dem Auslaßtopf hin zu besichtigen und auf etwaige Verstopfungen durch Ölkohle untersuchen zu können. Die Beseitigung solcher Verengung des Auspuffrohrs darf dann nicht hinausgeschoben werden, da sie zu einer sehr merkbaren Verringerung der Kraftleistung und Vermehrung des Brennstoffverbrauchs führt. Die stärkste Ablagerung von Ölkohle stellt sich bei Petroleummotoren ein, wenn ihnen zu viel Brennstoff zugeführt wird.

Zu den wichtigsten Obliegenheiten des Motorenwärters gehört die **Instandhaltung der Ventile.** Vom Dichthalten des Ein- und Auslaßventils hängt es in erster Linie ab, ob die Maschine ihre volle Kraft äußert, wirtschaftlich arbeitet und leicht in Betrieb zu setzen ist. Je kleiner der Motor, um so empfindlicher ist er gegen Undichtigkeiten. Die Ventilgehäuse müssen daher mit wenigen Handgriffen zu öffnen und die Ventilkegel leicht herauszuheben sein.

Beim Einlaßventil sind es Fremdkörper aller Art — Sand, Staub, Feilspäne usw. — welche von der Verbrennungsluft mitgerissen, auf den Schleifflächen hängenbleiben und dort beim Arbeiten des Ventils festgeschlagen werden. Durch den Öffnungsspalt des Auslaßventils strömen die sehr heißen Verbrennungsprodukte, welche die Bildung von Glühspan hervorrufen, durch den das leichte Undichtwerden des Ventils seine Begründung findet. Das Einlaßventil leidet wenig oder gar nicht von der Verbrennungswärme, da der regelmäßige Durchtritt der kalten Verbrennungsluft die beste Kühlung bietet.

Es ist wichtig, daß die Verbrennungsluft in genügender Höhe über dem Fußboden von einem staubfreien Ort entnommen wird, und fehlerhaft, daß so viele Fabrikanten den tief belegenen Hohlraum des Maschinenrahmens als Luftraum benutzen, oder den Luftansaugetopf auf den Fußboden legen. Mit Bestimmtheit kann man in solchen Fällen darauf rechnen, daß das Einlaßventil hier stark mitgenommen wird und oft nachzuschleifen ist.

Was nun die Handgriffe zur Instandsetzung der Ventile betrifft, so sind vorerst die Schleifflächen mit einem Petroleumlappen zu reinigen, dann steckt man das Ventil wieder in das Gehäuse und reibt es fest aufdrückend mehrere Male auf dem Sitz herum. Die etwa festgeschlagenen Fremdkörper kennzeichnen sich dann deutlich durch blanke Kreise auf den Schleifflächen, von denen ausgehend man sie leicht finden und mit einem geeigneten Schaber beseitigen kann. Nachdem dies geschehen ist und die vom Abheben der Fremdkörper herrührenden Ränder mit dem Schaber vorsichtig beseitigt sind, prüft man, ob die Ventilschleifflächen »tragen«, d. h. ob sie sich in allen Teilen vollkommen berühren. Zu diesem Zwecke reibt man die Schleiffläche des Kegels mit »Schwärze«, einer steifen Farbe aus Lampenruß und Öl, in dünner Schicht ein und überträgt sie durch Einsetzen und Aufreiben des Kegels ebenfalls auf dem Ventilsitz. Nunmehr hebt man den Kegel wieder aus dem Gehäuse, wischt die Schwärze ab und reibt ihn abermals auf den Sitz herum. Die Schwärzeschicht auf dem Ventilsitz ist nun so dünn, daß die Schleifflächen als dichthaltend anzusehen sind, wenn sie gleichmäßig mit einem Hauch von Schwärze bedeckt erscheinen. Sieht man dagegen, daß einzelne Teile der Schleifflächen blank geblieben sind, so sind Undichtigkeiten vorhanden, die durch Schleifen beseitigt werden müssen.

Als Schleifmaterial für Stahl auf Gußeisen wird »loser Schmirgel« mittlerer Körnung benutzt. Um den Schmirgel

auf der Dichtfläche des Kegels haftend zu machen, reibt man letztere leicht mit Öl ein und bestreut sie gleichmäßig mit dem Schmirgelpulver. Schon vorher war in den Kopf des Ventilkegels eine Handhabe geschraubt (Fig. 47 oder 48), mit dieser senkt man ihn in das Gehäuse und führt die Schleifbewegung in der Weise aus, daß beim Vorwärtsdrehen aufgedrückt und beim Rückwärtsdrehen angehoben wird. Durch Nachgreifen an der Handhabe führt man nach und nach den Kegel mehrere Male auf dem Sitz herum. Es bedarf keiner weiteren Erklärung, daß das in dieser Weise ausgeführte Nachschleifen nur ein Notbehelf ist, und nur dazu dienen kann, entweder Glühspanschichten von den Sitzflächen zu entfernen oder geringe Erhöhungen zu beseitigen. Bei stark beschädigten Ventilschleifflächen kommt man nur mit Benutzung des Schabers zum Ziel und schleift dann zum Schluß mit Schmirgel nach.

Fig. 47.

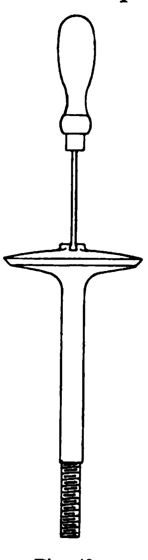


Fig. 48.

Das Schleifen und Nachschaben der Ventile hat nur dann Erfolg, wenn die Ventilspindel und ihre Führung noch gut erhalten sind, haben diese sich aber abgenutzt, so daß das Ventil keine sichere Führung mehr hat, dann sind alle Bemühungen, durch Schleifen einen dichten Abschluß herzustellen, vergeblich, man wird im Gegenteil den Schaden nur vergrößern. Es hilft dann nur eine neue Führungsbüchse für das Ventilgehäuse und ein Nachdrehen der Ventilspindel oder ein ganz neuer Ventilkegel. Die Ventilsitzfläche muß dann mit einem Fräser von einem sachkundigen Arbeiter nachgefräst werden.

Auch der **Verbrennungsraum** und die Ein- und Auslaßkanäle sind von Zeit zu Zeit von anhaftender Ölkohle und verdicktem Öl zu reinigen, da größere Mengen dieser Rückstände ins Glühen geraten können und dann zu vorzeitigen, mit starken Stößen verbundenen Entzündungen der Ladung führen.

Die **Reinigung des Kolbens** ist bei einem neuen, gut gewarteten Gasmotor selten nötig; so lange noch alle

Ringe beweglich befunden werden und am Kolbenkörper höchstens der Boden mit einer Schicht von Ölkohle belegt ist, die sich leicht entfernen läßt, brauchen die Ringe nicht abgezogen werden. Erst nach längerer Zeit wird sich zeigen, daß der dem Verbrennungsraum zunächst liegende Ring festsitzt. Und nun ist es an der Zeit, alle Ringe vom Kolben abzuziehen und sie auf ihrer Innenseite und ebenso auch die Ringnuten seitlich und auf dem Grunde von anhaftenden Ölresten zu reinigen.

Das Abziehen und Aufbringen der Kolbenringe sowie das Einsetzen des Kolbens in den Zylinder sind Arbeiten, die mit Vorsicht ausgeführt werden müssen. Etwa festsitzende Kolbenringe werden durch Benetzen mit Petroleum gelöst, am bequemsten ist es, den ganzen Ringteil des Kolbens in einen Behälter mit Petroleum zu stellen. Beklopft man dann die Ringe mit einem Holzhammer, so lockern sich selbst die festgebranntesten schnell.

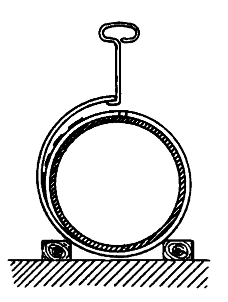


Fig. 49.

Zum Abziehen der Ringe gehört ein genügend starker, entsprechend geformter Drahthaken, mit dem man, wie in Fig. 49 ersichtlich, durch die Lücke der Schnittfuge des oberen Ringes faßt und das eine Ringende aus der Nut heraushebt. Ferner gehören dazu eine Anzahl von schmalen Stahlbandstreifen (Uhrfederstahl), die zwischen das angehobene Ringende und den Kolbenkörper geschoben und gleichmäßig über den Umfang verteilt werden. Der Ring ist damit in seinem ganzen Umfang aus der Nut herausgehoben und kann leicht abgezogen werden. In gleicher Weise werden auch die anderen Ringe herausgehoben. Die Stahlbänder bilden dabei die Brücken für das Abstreifen der Ringe über die schon entleerten Nuten, siehe Fig. 50.

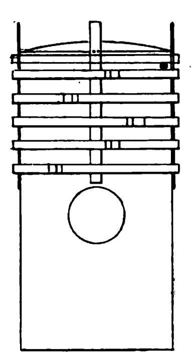


Fig. 50.

Sind dann die Ringe und Nuten von allen Seiten mit einem passenden Holzstab gut gereinigt, so streift man sie in richtiger Reihenfolge mit Benutzung der Stahlbänder wieder über den Kolben und dreht dabei jeden Ring gleich so, daß die zugehörigen Haltestifte in die Schnittfugen fassen. Ferner ist darauf zu achten, daß jeder Ring auch

wieder in die zugehörige Nut gelangt. Ringe und Nuten sind zu diesem Zweck vom Fabrikanten gezeichnet.

Während sich das Herausziehen des Kolbens aus dem Zylinder ohne Schwierigkeiten bewerkstelligen läßt, geht das Wiedereinsetzen nicht so leicht vonstatten. Auch hierzu werden mit Vorteil Hilfsgeräte verwendet. Bei größeren liegenden Motoren gibt der Fabrikant zum Einbringen des Kolbens meistens einen Schlitten mit, der in den Maschinenrahmen dicht vor die Zylinderöffnung gesetzt wird, er bildet dann als Fortsetzung der Zylinderlauffläche ein sicheres Lager für den Kolben, von dem aus dieser ohne große Mühe eingeführt werden kann. Mit Hilfe von Zugbändern holt man die Ringe soweit zusammen, daß sie in den Nuten verschwinden, dabei hat man darauf zu achten, daß die Zugbänder nicht zu stark an der Kolbenwand anliegen und das spätere Hindurchschieben des Kolbenkörpers hindern.

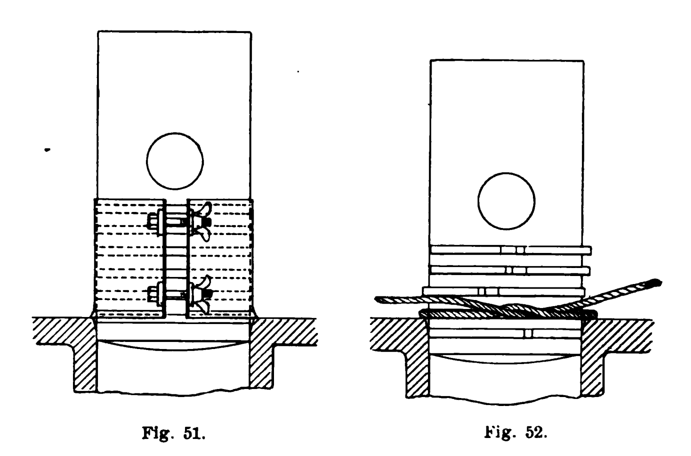


Fig. 51. Fig. 52.

Die Haltestifte der Ringe bei liegenden Motoren sollen beim Einbringen in der oberen Hälfte des Kolbens liegen, es macht dann keine Schwierigkeit, den Ringen die richtige Stellung zu den Stiften zu geben.

Für kleine Motoren kann man sich zur sicheren Einführung des Kolbens auch einer Blechbüchse, wie in Fig. 51 dargestellt, bedienen, mit der die Ringe bei bequemer Stellung des Kolbens in die Nuten gedrückt werden. Die Büchse ist dann soweit zurückzuschieben, daß das freie Kolbenende in die Zylinderbohrung hineinfaßt; beim Ein-

bringen des Kolbens schiebt sich die Büchse zurück und wird über den Pleuelstangenkopf fort entfernt.

Den Kolben ohne jede Hilfsvorrichtung einzubringen, erfordert schon größere Übung. Jeder einzelne Ring muß dann durch Umspannen mit den Händen in die Nut gedrückt und dabei der Kolben um ein entsprechendes Stück vorgerückt werden. Man kann sich hierbei an den scharfen Ringkanten leicht die Fingerspitzen verletzen und ist zu empfehlen, jeden einzelnen Ring durch eine umgelegte, einmal durchschlungene Schnur zusammengedrückt zu erhalten, siehe Fig. 52. Beim Einbringen des Kolbens ohne jede Hilfsvorrichtung kommt es häufig vor, daß die den Ring umspannenden Hände in dem Augenblick nachlassen oder abgleiten, wo man den Kolben nachschieben will. Die dann hochfedernden Ringenden legen sich vor den Zylinderrand und zerbrechen leicht. Vor dem Einbringen des Kolbens ist der ganze Kolbenumfang mit Öl einzupinseln. Ferner muß das Auslaßventil geöffnet sein oder während des Einbringens nach und nach geöffnet werden, da die eingeschlossene und zusammengepreßte Luft sonst das Einschieben des Kolbens hindert.

Alle Teile, welche bei Reinigung des Motors abgenommen werden, also die Ventildeckel, die Ventile und Federn, der Pleuelstangendeckel, die Pleuelstange mit Zapfen, der Kolben und die Ringe sind auf einer reinen Unterlage in gesicherter Stellung hinzulegen. Das Anlehnen der Pleuelstange gegen eine Wand ist zu vermeiden, da gerade hierbei leicht Sandkörner in die Lagerschalen fallen. War aus irgend einem Grunde auch das Abnehmen der Steuerwelle nötig, so hat man beim Wiederzusammensetzen darauf zu achten, daß wieder dieselben Zähne der Steuerräder zum Eingriff gelangen, andernfalls erfolgt die Zündung und Betätigung der Ventile zur Unzeit.

Ist der Motor wieder zusammengesetzt, hat man sich von dem richtigen »Anzug« aller Schraubenmuttern überzeugt, so ist er durch Verkehrtherumdrehen des Schwungrades auf Dichtigkeit zu prüfen und dann sofort in Gang zu setzen. Durch die Anzahl der Aussetzer beim Leergang oder durch Bremsen am Schwungradumfang, bei kleinen Motoren mit einem Putzwollballen, bei größeren mit einem Hebebaum, gewinnt man einen Anhalt, ob die Maschine wieder ihre volle Kraft äußert.

Siebenter Abschnitt.

Beseitigung von Betriebsstörungen.

Zu den vornehmsten Eigenschaften eines tüchtigen Motorenwärters gehört es, Betriebsstörungen in ihren Ursachen schnell zu erkennen und sicher zu beseitigen. Der Verbrennungsmotor bietet in dieser Beziehung mehr Schwierigkeiten wie die Dampfmaschine, er holt sein Heizmaterial und seine Verbrennungsluft in genau abgemessenen Mengen selbst herbei, und zwar immer nur so viel, wie er unmittelbar hinterher braucht. Es steht ihm also für die einzelne Arbeitsperiode keine Kraftreserve zur Verfügung, wie diese bei den Dampfmaschinen durch den Dampfkessel geboten wird. Während geringe Undichtigkeiten bei den Dampfmaschinen Betriebsstörungen nicht hervorrufen, bilden sie bei den Gasmotoren die Hauptursachen aller Übel. Hierzu kommt noch, daß die Gase, mit denen wir es beim Gasmotor zu tun haben, die Brenngase und die atmosphärische Luft, unsichtbar sind, daß man beim Aufsuchen des Ursprungs der Undichtigkeit fast immer den indirekten Weg einschlagen muß und von dem Auftreten bestimmter Begleiterscheinungen auf den Sitz der Undichtigkeit Schlüsse zu ziehen hat.

Um das Aufsuchen von Störungsursachen bei Gasmotoren schnell zu lernen, muß man von vornherein planmäßig vorgehen. Bei unüberlegtem Hin- und Herprobieren wird man sich zum Schluß selten darüber klar sein, welche von allen Maßnahmen nun geholfen hat und wo der Sitz des Übels eigentlich belegen war.

Nachstehend sind Anleitungen zur Ermittelung von Ursachen der hauptsächlichsten Störungen gegeben. Nach Angabe der charakteristischen Begleiterscheinung und Er-

klärung jeder einzelnen Störungsart folgt die Angabe der Hilfsmittel für schnellste Beseitigung.

Folgende Störungen sind es, die bei den Gasmotoren hauptsächlich auftreten:

1. Der Motor versagt beim Anlassen, es knallt aus dem Auspuffrohr.
2. Der Motor versagt beim Anlassen, ohne daß sich Begleiterscheinungen bemerkbar machen.
3. Nachdem einige Zündungen erfolgt sind, bleibt der Motor wieder stehen.
4. Die Ingangsetzung erfolgt jedesmal erst nach vielen vergeblichen Drehungen.
5. Unregelmäßiger Gang.
6. Der Motor versagt während des Betriebes.
7. Der Motor äußert zu wenig Kraft und läuft zu langsam.
8. Es knallt beim Ansaugen der Ladung.
9. Es erfolgen Stöße im Motor.
10. Der Motor läuft zu schnell.

1. **Der Motor versagt beim Versuch ihn in Gang zu setzen, es knallt zur Zeit der Zündung aus dem Auspuffrohr.**

Ursache der Störung: Das Auslaßventil sitzt in seiner Führung fest oder es ist undicht.

Hilfsmittel: a) Einträufeln von Petroleum in das zu diesem Zweck an der Ventilführung angebrachte Röhrchen und »Auf- und Abführen« des Ventils. Öl darf zur Schmierung der Auslaßventilspindel nicht benutzt werden; man würde damit das Gegenteil von dem erreichen, was beabsichtigt wird. Bei der hohen Temperatur, welche die Ventilspindel annimmt, verkohlt das Öl und würde das freie Spiel des Ventils erst recht gehindert werden, während Petroleum ohne Rückstand verdampft.

b) Falls das Gangbarmachen des Ventils in der Führung nicht hilft, Herausnehmen des Auslaßventilkegels, Beseitigung etwa festgeschlagener Fremdkörper von der Schleiffläche des Ventilkegels oder des Ventilsitzes. Nachschleifen des Ventils.

Erklärung: Hängt das Auslaßventil in seiner Führung fest oder hindern Fremdkörper den dichten Abschluß an der Ventilschleiffläche, so gelangt ein Teil der unentzündeten Ladung während der Kompressionsperiode in den Auslaßtopf und in das Auspuffrohr. Erfolgt dann die Zündung, so teilt sich diese durch die Undichtigkeit hindurch

auch dem Inhalt des Auspufftopfes und des Auspuffrohres mit, die Verbrennungsgase fahren mit mehr oder weniger starkem Knall aus dem Auspuffrohr hinaus, der Kolben erhält keinen Antrieb und der Motor kann sich nicht in Gang setzen.

2. Versagen des Motors beim Anlassen, ohne dafs sich Begleiterscheinungen bemerkbar machen.

Ursache: Die Zündung versagt den Dienst a) bei Motoren mit Glührohrzündung, weil das Zündrohr nicht hellrotglühend ist, oder weil die Heizflamme zurückgeschlagen ist, oder weil das Zündrohr innen verstopft ist.

Erklärung und Hilfsmittel: Die Heizflamme für das Zündrohr erreicht nur dann die nötige Temperatur, wenn sie mit grünem Kern und leise prasselndem Geräusch brennt. Ist dies nicht der Fall, so hat sich die Zusammensetzung des brennenden Luftgasgemisches geändert. Die feine Öffnung der Gasdüse kann sich nach längerem Stillstand des Motors durch Staub zum Teil verstopft haben oder es sind andere Fremdkörper, z. B. Asbestteilchen vom Futter des Schornsteins, auf die Düse gefallen. Es kann sich ferner der Luftschieber, welcher häufig an den Heizbrennern angebracht ist, verstellt haben und läßt zu viel oder zu wenig Luft eintreten. In ersterem Fall brennt die Flamme hellblau, ohne grünen Kern und ohne Prasseln, im anderen Fall, also bei zu geringem Luftzutritt, brennt sie schwach leuchtend und ebenfalls ohne Prasseln.

Auch durch Erniedrigung des Gasdrucks kann sich die Temperatur der Heizflamme vermindern, mit Hilfe des Luftschiebers muß dann der Luftzutritt ebenfalls verkleinert und der Flamme wieder die richtige Temperatur gegeben werden.

Das Zurückschlagen der Flamme tritt ein, wenn durch offenstehende Fenster oder Türen Zugluft entsteht, oder wenn infolge geringen Gasdrucks und verminderter Luftzufuhr die Strömungsgeschwindigkeit im Schornstein zu gering geworden ist. Diesem Übelstand ist nur durch Erweiterung der Gasdüse abzuhelfen.

Hat das Zündrohr die richtige Temperatur und halten die Ventile dicht, so kann nur innere Verstopfung des Zündrohrs die Ursache des Versagens sein. Verstopfungen des Zündrohrs treten auf, wenn zu stark geschmiert wurde oder nach Reinigung des Verbrennungsraumes durch nicht beseitigte Ölkohlestückchen. Bei Petroleummotoren besonders häufig durch zu reichliche Brennstoffzufuhr.

Auch die Zerstörung des Asbestfutters im Schornstein der Heizflamme kann die Ursache des Versagens der Zündung sein.

b) Ursachen des Versagens bei Motoren mit elektrischer Zündung. Der Zündstutzen »beschlägt« infolge kalter Witterung mit einer Wasserschicht. Die Isolation ist im Innern des Motors mit Ölkoks oder Teer bedeckt. Die Spindel des Abreißhebels sitzt fest. Die äußere Spiralfeder zum Zurückziehen des Abreißhebels ist abgefallen oder erlahmt. Der Leitungsdraht ist im Innern der Isolationshülle gebrochen, die Klemmschraube zur Befestigung des Drahts hat sich gelockert. Schlecht isolierter Leitungsdraht berührt das Metall des Motors.

Erklärungen und Hilfsmittel: Die häufigste Störungsursache bei den elektrischen Zündungen ist das Beschlagen oder Schwitzen der im Verbrennungsraum liegenden Teile der Zündvorrichtung. Es tritt hauptsächlich bei kalter Witterung auf, wenn Luft und Gas wärmer wie die Eisenteile des Motors sind; namentlich also bei Verwendung von Generatorgas. Die Feuchtigkeit der im Verbrennungsraum zusammengedrängten Ladebestandteile schlägt sich dann auf den Wandungen und den vorstehenden Teilen der Zündvorrichtung als eine Wasserschicht nieder, die die Funkenbildung hindert.

Hilfs- bzw. Vorbeugungsmittel: Der Zündstutzen ist einige Zeit vor Ingangsetzung des Motors herauszunehmen und an einen wärmeren Ort, z. B. auf den Generator, zu legen. Unmittelbar vor dem Anlassen wieder eingesetzt, schlägt sich die Feuchtigkeit dann auf den warmen Teilen des Zündapparates nicht nieder, so daß die Funkenbildung ungehindert erfolgen kann.

Die Spindel des Abreißhebels sitzt fest.

Erklärung und Hilfsmittel: Die Spindel des Abreißhebels wird während des Betriebes sehr warm, sie kann durch Rostbildung, verdicktes Öl oder Teer, welche vom Innern heranspritzen und in die Lagerfugen getrieben werden, in ihrer leichten Beweglichkeit gehindert sein, namentlich beim Anlassen, wenn alles kalt ist. Die geringe Kraft der schwachen Feder, welche den Hebel auf den Kontakthebel zu drücken hat, kann dann nicht mehr wirken, der Hebel bleibt in abgehobener Lage stehen.

Durch Aufträufeln von Petroleum und durch wiederholtes Hin- und Herdrehen muß der Hebel gangbar gemacht werden. Es gehört darum zu den Regeln der Wartung, daß der Abreißhebel vor jedem Anlassen des Motors auf seine leichte Beweglichkeit zu prüfen ist.

auch dem Inhalt des A ... Abschnitt.
mit, die Verbren ... Abreißhebels ist abgefallen oder
starkem Knall
erhält keinen ... Abreißhebel ... Hilfsmittel: Da der Abreißhebel
Gang setzen. ... und seine Beweglichkeit zu prüfen ist,
... auf und ab- und anzuhaken ist, so

2. Ver ... sehr häufig ab- eintreten, die die sichere
sich Begl ... der Ösen ... Feder kann durch zu starke

Urs ... oder die ... in ihrer Spannkraft erlahmt sein.
Motor ... Abnehmen in vorkommen, daß sie herunter-
nicht h ... kann es dann ... des Abreißhebels nicht mehr
geschl ... die feste Auflage ... ist dann gestört.
T ... Die Funkenbildung ... einige Federn für den Abreiß-
das ... Man halte sich stets
we ... hebel in Reserve.
br ... Der Leitungsdraht ist im Innern der Iso-
s ... lationshülle gebrochen.

Erklärung und Hilfsmittel: Wird zur Überführung des Stromes vom Apparat nach dem Zündstutzen ein isolierter starker Kupferdraht benutzt, so kommt es häufig vor, daß der Draht infolge wiederholter Biegungen beim Abnehmen des Zündstutzens im Innern der Isolationshülle bricht. Damit ist dann die Stromleitung, ohne äußerlich sichtbar zu sein, unterbrochen.

Ebenso kann in solchen Fällen auch der Draht an der Bruchstelle die Isolierung durchbrechen und hier mit dem Metall des Motors in Berührung kommen, so daß der Motor überhaupt nicht an den Zündstutzen gelangt. Man hat also der Erhaltung des Leitungsdrahtes fortwährend Aufmerksamkeit zu schenken, um beginnende Brüche rechtzeitig zu entdecken. Auch empfiehlt sich, den Draht erheblich länger wie die direkte Entfernung zwischen Apparat und Stutzen zu nehmen und ihn nach Art einer Spiralfeder aufzurollen.

Die angeführten Mängel des Leitungsdrahtes werden am besten durch Verwendung eines »Kabels« beseitigt. An Stelle des einzelnen dicken Drahtes tritt hier eine große Anzahl nebeneinanderliegender sehr dünner, gemeinsam umsponnener Drähte. Ein Bruch der Leitung ist hier nicht zu befürchten. Es bilden dann aber wieder die Anschlüsse an die Kontaktschrauben Schwierigkeiten und sind hier besonders angelötete Schuhe oder Ösen zu empfehlen.

Auch die Kontaktschrauben können sich leicht lockern, namentlich am Zündstutzen, wo sie viel benutzt werden. Aus allen diesen Zufälligkeiten, denen die Stromleitung unterworfen ist, geht hervor, wie wichtig die Vorschrift

ist, daß vor jedem Anlassen die Stromzirkulation geprüft werden soll.[1])

3. Der mit elektrischer Zündung arbeitende Motor bleibt, nachdem einige Zündungen erfolgt sind, wieder stehen.

Ursache: a) die elektrische Zündung versagt, die inneren Teile beschlagen bei kalter Witterung von den Wasserdämpfen der Verbrennungsprodukte.

Erklärung und Hilfsmittel. Die nach der Verbrennung der Ladung im Zylinder vorhandenen Gase bestehen zum Teil aus Wasserdampf. Sind die Metallteile des Motors nun sehr kalt, so schlägt sich der Wasserdampf zu Ende der Arbeitsperiode auf ihnen nieder, überzieht sie mit einer Wasserschicht, die weitere Zündungen verhindert. Wie beschrieben, ist in diesem Falle der Zündstutzen abzunehmen und anzuwärmen.

b) Auch durch »Ölspritzer« kann das Versagen gleich nach den ersten Zündungen erfolgen. Während des Stillstandes in den Betriebspausen sammeln sich größere Ölmengen im unteren Teil des Zylinders oder auf dem Kolbenboden an. Bei den Bewegungen des Kolbens wird dieses Öl nach dem Verbrennungsraum hingeschoben und spritzt bei den ersten Zündungen auseinander. Gelangt ein Öltropfen zwischen Kontaktstift und Abreißhebel, so genügt dies, die Zündung zum Versagen zu bringen. Auch in diesem Fall ist der Zündstutzen abzunehmen und vom Öl zu reinigen.

Um diese Art der Störungen zu vermeiden, bringen viele Fabrikanten an dem Arbeitszylinder Ölablaßhähne an, aus denen das überschüssige Schmieröl unmittelbar nach dem Anhalten abzublasen ist. Es empfiehlt sich, auch vor vor dem Anlassen den Ölhahn zu öffnen und langsam einige Umdrehungen zu machen, bei denen dann das zusammengelaufene Öl herausgetrieben wird.

Der Ölhahn kann außerdem noch sehr nützlich verwendet werden, um zu prüfen, ob zündbares Gemisch gebildet wird und ob die Zündung wirkt oder nicht. Dreht man nämlich den Motor bei geöffnetem Gashahn langsam herum und läßt zu Ende der Kompressionsperiode den Ölhahn öffnen, so fährt, falls Gemischbildung und Zündung

[1]) Die Prüfung erfolgt dadurch, daß man durch zwei Finger die Verbindung zwischen Isolierstift und Kontakthebelwelle herstellt und dabei den Apparat so stark in Schwingungen versetzt, daß der Kontakthebel eben abgerissen wird. Die elektrischen Schläge, die man dabei erhält, sind erträglich.

in Ordnung sind, die hellblaue Gemischflamme mit heftigem Geräusch aus dem Hahn heraus. Schlägt keine Flamme heraus und wird kein heftiges Geräusch hörbar, so ist entweder die Gemischbildung oder die Zündung in Unordnung. Hält man in solchem Falle vorsichtig eine Flamme an die Ölhahnöffnung und der austretende Gasstrom entzündet sich, so ist das ein Zeichen richtiger Gemischbildung, die Zündung aber versagt. Ist dagegen die aus dem Hahn tretende Ladung nicht entzündbar oder brennt sie gelblich oder gar leuchtend, so ist kein gutes Gemisch vorhanden.

Bei Automobilmotoren kann man an Stelle des Ölhahnes auch die sog. »Zischhähne« benutzen, um die erwähnten Prüfungen vorzunehmen.

4. **Die Ingangsetzung erfolgt erst nach einer gröfseren Zahl vergeblicher Umdrehungen, der Motor äufsert keine Kraft, weil die Zündungen periodisch ausfallen.**

Diese Störungsart kann verschiedenen Ursprungs sein.

Ursachen: a) Die Feder des Auslaßventiles ist erlahmt, oder zu schwach gespannt oder gebrochen, b) der Gasgehalt der Ladung ist zu gering, c) das Zündrohr wird nicht genügend warm.

Erklärung und Hilfsmittel: a) Ist die Feder des Auslaßventiles erlahmt, zu schwach gespannt oder gebrochen, so bietet sie in der Saugperiode nicht genügend Widerstand und das Auslaßventil öffnet sich zu dieser Zeit ebenso wie das Einlaßventil. Da nun vor dem Auslaßventil Luft oder verbrannte Gase stehen, so treten diese in den Zylinder und verschlechtern die Ladung in dem Maß, daß sie unentzündbar wird. Diese unentzündete, immerhin aber gashaltige Ladung wird nun in den Auslaßtopf geschoben und tritt in der nächsten Einlaßperiode zum Teil wieder durch das Auslaßventil in den Zylinder zurück. Während beim vorigen Ansaugen also verbrannte Gase von außen her eintraten, treten jetzt schon etwas gemischhaltige Verbrennungsgase durch das Ventil ein, und je mehr Ladehübe ohne Zündung sich aneinanderreihen, um so gemischreicher wird die Ladung werden. Schließlich ist sie dann zündbar geworden, es erfolgt ein Antrieb, damit bilden sich wieder Verbrennungsgase und der geschilderte Vorgang mit einer Reihe von Ladehüben ohne folgende Zündung vollzieht sich von neuem. Je nachdem die Auslaßventilfeder mehr oder weniger erlahmt oder zu schwach gespannt ist, werden die Perioden, innerhalb welcher die Zündungen folgen, größer oder kleiner sein.

b) Die Zündungen fallen periodisch aus, weil der Gasgehalt der Ladung zu gering ist.

Auch hier »reichert« sich die Ladung, wie unter a) geschildert, allmählich an.

Ist das gebildete dünne Gemisch für sich allein auch zündbar, so verwandelte es sich doch durch Vermischung bzw. Verdünnung mit den verbrannten Gasen im Verbrennungsraum zu einer unentzündbaren Ladung und erst nachdem die verbrannten Gase nach einem zweiten oder weiteren Ladehub »herausgespült« sind, also nur reines, zwar gasarmes aber doch zündbares Gemisch im Verbrennungsraum angesammelt ist, erfolgt eine Zündung. Damit bilden sich wieder Verbrennungsprodukte und der Vorgang wickelt sich von neuem ab.

c) Die Zündungen fallen periodisch aus, weil das Zündrohr nicht genügend warm ist.

Je gasärmer die Ladung, je kälter der Motor ist, um so höher muß die Temperatur des Zündrohres sein, damit die Zündung ermöglicht wird. Es kann also der Fall eintreten, daß das reine im Mischventil gebildete Gemisch durch ein nur schwach erhitztes Zündrohr wohl entzündbar ist, nicht aber dann, wenn es durch Verbrennungsgase verdünnt wurde; auch hier bleiben die Zündungen periodisch aus, bis die Verbrennungsprodukte wieder hinausgespült und durch reines Gemisch ersetzt sind.

5. **Unregelmäfsiger Gang.** Der Motor läuft periodisch schnell und langsam.

Ursache: Mangelhafte Beweglichkeit des Regulators.

Erklärung und Hilfsmittel. Bei Motoren, welche durch einen Zentrifugalregulator reguliert werden, hängt der regelmäßige Gang von der sorgfältigen Behandlung des Regulators ab. Die Gelenke, Führungen, Schleifringe usw., welche an diesen Apparaten in größerer Zahl vorhanden sind, müssen stets in gutem Schmierzustand erhalten werden, andernfalls treten schwerer Gang und Klemmungen ein, die den Regulator in seiner »Empfindlichkeit« herabsetzen. Genügte die Regelmäßigkeit am neuen Motor und stellte sich die Unregelmäßigkeit erst im Laufe der Zeit ein, so ist mit Bestimmtheit auf ungenügende Instandhaltung des Regulators zu rechnen.

Es ist nicht zu empfehlen, den Regulator auseinanderzunehmen, sondern durch Einspritzen und Aufgießen von Terpentin oder Petroleum an die Schmierorte das verdickte Öl fortzuspülen, bis sich die genügende Beweglichkeit wieder eingestellt hat. Für den weiteren Betrieb wähle

man dann dünnflüssiges oder durch Zusatz von Petroleum verdünntes Schmieröl.

Für Kleinmotoren, bei denen es ja meistens nicht auf allergrößte Regelmäßigkeit ankommt, sind einfache, leicht imstand zu haltende Pendelregulatoren den Zentrifugalregulatoren vorzuziehen. Die Störungen, welche hier auftreten können, bestehen darin, daß sich die scharfen Kanten der Schneiden zum Abstützen oder Aufstoßen der Ventile abnutzen. Durch Erneuerung oder Neuschärfung kann dem Übel hier leicht abgeholfen werden. Es ist nur zu beachten, daß die neue Schneideplatte genau dieselbe Länge wie anfangs erhält.

6. Der Motor versagt den Dienst während des Betriebes.

Ursachen:

a) Zündung bleibt aus,
b) Ventile sind undicht,
c) Asbestverpackungen sind zerrissen,
d) Befestigungsmuttern der Ventilgehäuse oder des Zündstutzens sind gelockert,
e) Gasuhr oder Gasdruckregulator versagen,
f) zu viel Wasser im Auspufftopf,
g) versäumte Schmierung der Lager, Pleuelstange usw.

Erklärung und Hilfsmittel:

a) Der empfindlichste Teil der Gasmotoren ist die Zündung, namentlich die elektrische. Beim Versagen des Motors muß also zuerst festgestellt werden, ob die Zündung regelmäßig arbeitet oder nicht. Am schnellsten und sichersten erhält man hierüber Aufschluß, indem man, wie erwähnt, prüft, ob in jedem Zündzeitpunkt beim Drehen des Schwungrades und geöffnetem Gashahn eine Flamme aus dem Ölablaß-, Zisch- oder Indikatorhahn schlägt. Ist dies nicht der Fall, so versagt die Zündung.

Bei Glührohrzündung kann das Rohr nicht genügend erhitzt sein, weil dessen Heizflamme »durchgeschlagen« ist oder nicht mit grünem Kern brennt. Es können Fremdkörper auf die Öffnung der Brennerdüse gefallen sein, namentlich Teile des Asbestfutters oder das Zündrohr ist im Innern durch Ölkohle verstopft.

Bei elektrischer Zündung kann sich der Leitungsdraht gelockert haben, die Spindel des Kontakthebels kann festsitzen, es kann eine der Federn gebrochen oder erlahmt sein. Es hat sich zu viel Ölkoks oder Ruß auf den innern Teilen des Zündstutzens abgesetzt. Wo die Stromabnahme vom Magneten durch Schleifkontakt erfolgt, ist auch dieser

zu untersuchen. Eine Probe für das Arbeiten der elektrischen Zündung ist die, daß man bei geschlossenem Gashahn den Einlaßventildeckel abnimmt, den magnetelektrischen Apparat mit der Hand betätigen läßt, »abreißt« und von weitem beobachtet, ob der Funke im Innern des Ventilgehäuses überspringt. Wo die inneren Zündteile nicht leicht sichtbar sind, muß man durch Anlegen der Hand, einen Finger an die isolierte Stromeinführung, den andern an die Abreißspindel, fühlen, ob die Zündung arbeitet. Bei großen Motoren, wo kräftige Magneten angebracht sind, kann man übrigens auch äußerlich einen allerdings sehr schwachen Funken erzeugen, wenn man den Einführungsdraht vom Zündstutzen löst und den Magneten »abreißen« läßt, während man den Draht dicht an das Metall des Zündstutzens hält.

b) und c) Ob undichte Ventile oder andere Undichtigkeiten die Ursache der Betriebsstörung sind, erkennt man sofort daran, daß der Kompressionswiderstand beim Verkehrtherumdrehen des Schwungrades sich wenig äußert. Undichtigkeiten an den »Verpackungen« oder den Schleifflächen kennzeichnen sich durch »Zischen« beim Drehen des Schwungrades. Den Ort der Undichtigkeit findet man durch »Ableuchten« mit einer Kerzenflamme, durch Aufgießen von Öl oder Seifenwasser auf die Dichtfugen (es findet dann Blasenbildung an den undichten Stellen statt), oder durch Anhalten einer dünnen Strähne aus Putzwolle an die fraglichen Orte.

d) Befestigungsmuttern können sich während des Betriebes am Ein- und Auslaßventil und am Zündstutzen lockern, namentlich wenn diese mit neuer Asbestpappe verpackt sind. Asbest zieht stark Feuchtigkeit an, diese entweicht in der Betriebswärme, die Verpackung trocknet ein und der »Anzug« der Befestigungsmuttern genügt nicht mehr, um den dichten Abschluß zu vermitteln. Wo also Asbestverpackungen benutzt werden, da gilt die Vorsichtsmaßregel, die Befestigungsmuttern bald nach der ersten Inbetriebsetzung wiederholt nachzuziehen. Versäumt man dies, so zerreißen die Asbestverpackungen bald nach der Ingangsetzung und werden herausgeschleudert.

e) Auch die nicht direkt zum Motor gehörenden Teile, wie die Gasuhr und der Gasdruckregulator können die Ursache von Betriebsstörungen sein. Bei den sog. »nassen« Gasuhren ist von Zeit zu Zeit Betriebswasser nachzufüllen und übergeflossenes abzulassen. Diese Instandhaltung der Gasuhr ist zwar Sache des Gaswerkes, es kann aber doch vorkommen, daß auch innerhalb der Pausen, in welchen

das Gaswerk das Nachfüllen besorgen läßt, Mangel an Betriebswasser eintritt und die Uhr stillsteht.

Das untrügliche Zeichen für das Versagen der Gasuhr ist der leere Gummibeutel trotz geöffneter Hähne. Ist der Wärter mit Bedienung der Uhr vertraut, so kann er in wenigen Minuten durch Ablassen des übergegangenen Wassers aus der Ablaßöffnung (siehe Fig. 53) und Nachfüllen durch die Einfüllöffnung die Gasuhr selbst gangbar machen. Es ist nur zu beachten, daß so viel Wasser nachgegossen werden muß, bis es aus der Ablaßöffnung herauszulaufen beginnt. Der Hauptgashahn vor der Uhr ist bei dieser Arbeit zu schließen und sind beide Verschlußschrauben wieder dicht einzuschrauben.

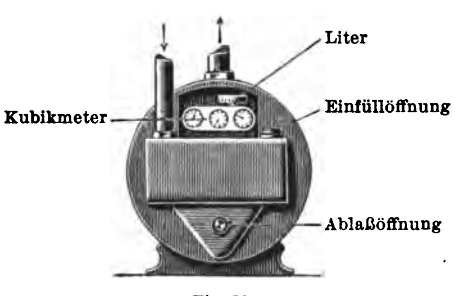


Fig. 53.

Der Gasdruckregulator wird selten die Ursache von Störungen sein. Man füllt ihn in neuerer Zeit mit einem Öl, das die Eigenschaft hat, nicht zu verdunsten und in der Kälte dünnflüssig zu bleiben. Wo man es aber noch mit alten Apparaten zu tun hat, die mit Wasser gefüllt sind, muß dieses auch hier von Zeit zu Zeit nachgefüllt und bei strengem Frost abgelassen werden. Endlich hat man auch damit zu rechnen, daß diese aus Weißblech gefertigten und mit Wasserfüllung arbeitenden Apparate im Laufe der Jahre durchrosten und unbrauchbar werden.

f) Zuviel Wasser im Auspufftopf. Dem Auspufftopf wird meistens nicht genügende Beachtung geschenkt. In der Regel steht er sehr unrichtig an einem versteckten unzugänglichen Ort.

Wie bekannt, hat der Auspufftopf nicht nur den Zweck, das Auspuffgeräusch zu dämpfen, sondern auch das sich in der Rohrleitung niederschlagende Wasser aufzunehmen. Bei kaltem Wetter ist diese Wassermenge eine so beträchtliche, daß die Entleerung auch während der Betriebszeit mehreremale am Tage zu erfolgen hat. Wird das versäumt, so kann das Wasser, namentlich bei den mit Aussetzerregulierung arbeitenden Motoren leicht in den Zylinder geraten und den Motor zum Stillstand bringen; sei es nun, daß die elektrische Zündvorrichtung versagt, das Zündrohr zerspringt oder die Gemischbildung durch das Wasser gestört wird.

Die Beseitigung des Wassers aus dem Zylinder ist eine umständliche Arbeit, entweder sind die Ventile herauszunehmen und das Wasser mit Putzwolle im Innern des Zylinders aufzusaugen oder man muß zu diesem Zweck gar den Kolben herausnehmen.

All diesen Zufälligkeiten wird vorgebeugt, wenn man den Ablaßhahn am Auspufftopf bei kalter Witterung überhaupt etwas geöffnet stehen läßt, so daß das Wasser dauernd abfließen kann.

g) Versäumte Schmierung der Lager oder des Zylinders.

Bei Verwendung von »Ringschmierlagern«, »Ölspülung« oder »Druckschmierung« gehört zwar ein Versagen der Schmierung zu den Seltenheiten. Dennoch können sich die Ölzuführungsrohre verstopfen oder Lagerdeckelschrauben zu fest angezogen sein, so daß der Ölzufluß behindert wird, dieses oder jenes Lager warm läuft und solchen Widerstand erzeugt, daß der Motor zum Stillstand kommt. Am häufigsten wird dies bei den Pleuelstangenlagern vorkommen. Bei jeder Reinigung hat sich also der Wärter auch von dem ungehinderten Durchfluß des Schmieröles an allen Schmierorten zu überzeugen und durch längeren Probelauf festzustellen, daß alle Lager auf die Dauer ohne Erwärmung laufen.

7. Der Motor äufsert zu wenig Kraft oder läuft zu langsam.

Ursachen:

a) Zündzeitpunkt liegt zu früh oder zu spät,
b) bei selbsttätigem Einlaßventil kann die Feder zu stark gespannt sein oder das Ventil zu wenig Hub haben,
c) es bleiben Zündungen aus,
d) Undichtigkeiten an den Ventilen, am Kolben oder an anderen Dichtstellen,
e) Verstopfung des Auspuffrohres,
f) Auslaßventilfeder erlahmt oder zu schwach gespannt,
g) Steuerungsteile, Bolzen oder Rolle haben sich abgenutzt,
h) Steuerräder sind versetzt, es kommen unrichtige Zähne zum Eingriff,
i) Schwacher Gasdruck oder schlechtes Gas.

Die Verminderung der Kraftäußerung ist eine der häufigsten und unangenehmsten Störungen, welche bei

den Gasmotoren vorkommen, sie äußert sich dort am fühlbarsten, wo der Motor bis zur Grenze seiner Leistungsfähigkeit periodisch oder dauernd in Anspruch genommen wird. Im Kleinbetriebe ist das viel seltener der Fall wie in der Großindustrie, wo die Abschätzung des Kraftbedarfes unsicher wird. Ist z. B. die Stärke eines Gasmotors für den Walzwerksbetrieb nicht reichlich gewählt, so kann eine geringe Undichtigkeit, eine Schwankung in der Qualität des Gases schon zu kostspieligen Betriebsstörungen führen. Auch in stark belasteten Elektrizitätswerken machen sich »Schwächezustände« der Gasmotoren oft sehr störend bemerkbar. Man hat immer zu beachten, daß bei einem Gasmotor mit dem Sinken der Umdrehungszahl ein unverhältnismäßig schnelles Sinken der Kraftäußerung stattfindet, daß überall dort, wo die Überlastung nicht rechtzeitig beseitigt wird, der Stillstand des Motors unvermeidlich eintritt. Es läßt sich nicht behaupten, daß der Bau der Großgasmotoren heute schon aus den Entwicklungsjahren heraus wäre. Erst die kommende Zeit wird uns die nötigen Erfahrungen bringen und Konstrukteure heranbilden. Woran es aber am meisten bei den Großmotoren mangelt, das sind umsichtige und erfahrene Wärter! Erst wenn das Wesen der Verbrennungsmotoren in den betreffenden Handwerkerkreisen so zu Fleisch und Blut geworden ist, wie das von der Dampfmaschine gesagt werden kann, wenn durch Schulen für Motorenwärter das richtige Verständnis für die neue Maschinenart erweckt sein wird, kann der Gasmotor seine Vorzüge voll zur Geltung bringen.

Kehren wir zur Besprechung der Betriebsstörungen zurück, so war der unter a) erwähnte Einfluß der Zündzeit auf die Kraftäußerung zu erklären.

Welch großen Einfluß die richtige Zündzeit auf die Kraftäußerung des Gasmotors hat, darüber ist man sich eigentlich erst in den letzten zehn Jahren klar geworden, seitdem man schnelllaufende Automobil- und Großmotoren baut. Aus den Diagrammen dieser Motoren sah man sehr bald, daß die bisher übliche Regel »die Zündung muß kurz vor dem Totpunkt erfolgen« doch nicht richtig war, daß man vielmehr um so früher zünden müsse, je schneller der Motor lief und je größer die Abmessungen des Verbrennungsraumes waren. Man wurde sich nun auch darüber klar, daß die so einfache und sicher wirkende Glührohrzündung sich eigentlich nur für wenige Maschinengattungen eigne, da sie eine so weite Verschiebung der Zündzeit, wie sie häufig nötig ist, nicht im entferntesten zuläßt.

Mit Ausnahme der billigen einfachen Kleinmotoren, für welche die Glührohrzündung ganz am Platz ist, ist heute also die elektrische Zündung trotz ihrer großen Mängel die herrschende. Mit ihrer Verwendung verschwindet die Heizflamme für das Glührohr, mit ihr ist es möglich, die Zündzeit genau so zu legen wie es die günstigste Verbrennung verlangt.

Bei der großen Bedeutung, welche die richtige Zündzeit für das Herausholen der größten Kraft hat, ist es notwendig, daß die Vorrichtung zur Verstellung der Zündzeit auch vom Wärter benutzt werde. Der Stand des Regulators, die Zahl der Aussetzer und das Geräusch des Auspuffs geben Anhaltspunkte, wann und wie der Zündzeitpunkt zu verlegen ist. Je wärmer z. B. das Gas einer Generatoranlage ist, je mehr der Gasdruck sinkt, je mehr die Kraftentnahme bei Motoren ohne Aussetzer-Regulierung zurückgeht, um so früher muß gezündet werden.

b) Die Einlaßventilfeder ist zu schwach oder das Ventil hat zu wenig Hub.

Von wesentlichster Bedeutung für die Kraftleistung eines Gasmotors ist das Verhalten des Einlaßventiles. Sollen die Abmessungen des Zylinders voll ausgenutzt werden, so muß er sich auch so viel wie möglich mit Ladung füllen können. Ein selbsttätig arbeitendes Einlaßventil kann diese Forderung nie erfüllen, weil es in seinen Bewegungen unkontrollierbar ist. Es öffnet sich erst, wenn in der Saugperiode der Unterdruck im Zylinder so stark geworden ist, daß das Gewicht des Ventiles oder die Spannung der Feder überwunden werden. Das Ventil verharrt dann nicht in geöffneter Stellung, sondern springt auf und nieder, den Durchgangsquerschnitt bald verkleinernd, bald vergrößernd. Hierdurch ergeben sich zwei Übelstände, die Menge der Ladung wird stark beschränkt und die Möglichkeit ist vorhanden, daß das Ventil gerade am Schluß der Ansaugeperiode noch einen großen Sprung macht und den Abschluß erst herstellt, wenn der Kolben schon auf der Umkehr ist, d. h. wenn der Kompressionshub schon begonnen hat. Die Folge ist, daß ein Teil der Ladung durch das noch offene Einlaßventil zurücktritt, »zurückpufft«. Derselbe Vorgang kann übrigens auch bei gesteuerten Ventilen stattfinden, wenn hier die Ventilfeder zu schwach gewählt wurde, oder wenn sie vom Wärter zu schwach gespannt ist.

Die Störungen, welche durch zu späten Schluß des Einlaßventils entstehen, machen sich fühlbar 1. durch ver-

ringerte Kraftleistung, 2. durch Verlust an Brennstoff und 3. durch Gasgeruch im Motorenraum. Am unangenehmsten ist der Ladungsrücktritt bei Sauggasanlagen. Die Ladung enthält hier fast ebensoviel Gas wie Luft, es gelangen also viel größere Gasmengen in das Maschinenlokal wie bei Leuchtgas und ist der dauernde Aufenthalt in solchen Räumen gesundheitsschädlich.

Um zu erkennen, ob Ladung aus dem Einlaßventil zurücktritt, hat man eine brennende Kerze vor die Lufteintrittsöffnung zu halten. Die Spitze der Flamme wird dann zum Schluß des Ansaugehubs nach außen geblasen, auch ein vor die Lufteintrittsöffnung gehaltener Faden zeigt durch seine Bewegungen das Zurückpuffen deutlich an. Bei gesteuerten Ventilen kann man dem Übel leicht durch eine stärkere Feder oder häufig schon durch stärkeres Spannen der vorhandenen abhelfen.

Bei selbsttätig arbeitendem Einlaßventil ist keine vollkommene Hilfe möglich. Das Ventil muß vor allen Dingen eine Hubbegrenzung haben, die man durch ein über die Ventilspindel geschobenes starkwandiges Rohr schaffen kann. Auch Federn von verschiedener Drahtstärke und mit steileren und flacheren Windungen können versucht werden. Das Eindringen der zurückgetriebenen Ladung in den Motorenraum wird gehindert, indem man das Luftrohr vor dem Ventil nach unten führt. Das leichte Gasgemisch bleibt dann in den oberen Teilen des Rohres dicht vor dem Ventil stehen und wird bei Beginn des nächsten Ansaugehubes wieder in den Zylinder getrieben.

c) Ausbleibende Zündungen.

Periodisch ausbleibende oder auch späte Zündungen treten am häufigsten beim Glührohr auf, wenn dieses nicht heiß genug ist oder die Glühzone zu weit vom Verbrennungsraum entfernt liegt, oder das Asbestfutter zerstört ist. Abhilfe bringt eine Verlängerung des Zündflammenschornsteins, Erneuerung des Asbestfutters im Schornstein und Beschränkung des Kühlwasserzuflusses zum Zweck, die Ladung vor der Entzündung stärker anzuwärmen und entzündungsfähiger zu machen.

d) Undichtigkeiten an den Ventilen, dem Kolben oder den Dichtfugen der Verschlußdeckel.

Undichtigkeiten an Motoren führen zu Ladungsverlusten. Je kleiner die Abmessungen der Motoren, je höher die Kompression gewählt ist, um so mehr macht sich der Verlust an Ladung fühlbar. Schon aus diesem Grunde

empfiehlt es sich, für kleine Motoren nicht denselben hohen Kompressionsgrad zu wählen wie bei den großen.

Undichtigkeiten der Ventile kann man nur durch Besichtigung ihrer Schleifflächen feststellen. Der undichte Kolben macht sich durch Zischen während der Arbeitsperiode bemerkbar. Bei Motoren mit geschlossenem Kurbelgehäuse muß man den Gehäusedeckel abnehmen, und während die Maschine von Hand gedreht wird, hören, ob es im Gehäuse zischt. Fugen an den Verschlußdeckeln prüft man durch Angießen von Öl oder Seifenwasser. Die dann eintretende Blasenbildung zeigt sehr deutlich die undichten Stellen an.

Bei großen, doppeltwirkenden Motoren sind Undichtigkeiten des Kolbens nicht so leicht festzustellen. Hier muß das Einlaßventil entfernt werden, und während von Hand gedreht wird, ist dann durch die Ventilöffnung zu hören, ob in der Kompressionsperiode auf der anderen Seite ein Zischen eintritt. Größere Undichtigkeiten des Kolbens kann man auch dadurch erkennen, daß man bei geschlossenem Gashahn das Einlaßventil auf einer Seite in geöffneter Stellung absteift und vor der zugehörigen Lufteintrittsöffnung ein Fädchen Putzwolle hält. Wird das Schwungrad dann mit der Klinkvorrichtung gedreht, so tritt in der Kompressionsperiode, falls der Kolben nicht dicht hält, die verdichtete Luft hindurch und bläst das Fädchen zur Seite.

Die bei einfachwirkenden Kleinmotoren so bequeme Methode, nach welcher man durch Rückwärtsdrehen des Schwungrades das »Standhalten« der Kompression und damit die Dichtigkeit des Kolbens prüft, ist bei doppeltwirkenden Motoren nicht so leicht ausführbar.

e) Verstopfung des Auspuffrohres und des Auspufftopfes.

Der Kraftverlust, welcher durch Verstopfung des Auspuffrohres hervorgerufen wird, tritt immer allmählich ein. Die Ursache ist Bildung von Ölkohle, Ansammlung von verdicktem Schmieröl und bei Petroleummotoren unverbrannte Petroleumreste, welche sich an den Wandungen des Auspuffrohres und des Auspufftopfes im Laufe der Zeit ansetzen. Je stärker man den Kolben schmiert, und je weniger der Ölablaßhahn benutzt wird, um so schneller stellt sich das Übel ein. Am schnellsten bei Petroleummotoren älterer Konstruktion.[1]) Im Laufe der Jahre wird

[1]) Dem Verfasser ist eine Petroleummotorenanlage bekannt, bei der sich nach einhalbjährigem Betriebe das durch 4 Etagen gehende Auspuffrohr von 100 mm auf etwa 40 mm verengt hatte.

bei jedem Verbrennungsmotor eine Verengung des Auspuffrohres eintreten. Je sorgfältiger aber die Kolbenschmierung gehandhabt wird, je fleißiger man den Ölablaßhahn benutzt und bei Petroleummotoren die Zufuhr des Brennstoffes reguliert, um so mehr beugt man der Verengung des Rohres vor. Immerhin muß aber die Auspuffleitung von Zeit zu Zeit durch Auseinandernehmen, am besten dicht am Motor, untersucht werden.

Eine wie langwierige und unangenehme Arbeit die Entfernung der Ölkohle aus den Rohren ist, kann sich jeder Praktiker vorstellen. Am besten stellt man die Rohre einzeln über das Feuer einer Feldschmiede und brennt die Ölkohle aus.

f) Erlahmte oder zu schwach gespannte Feder des Auslaßventils.

Jede Feder läßt in ihrer Spannkraft allmählich nach. Das Auslaßventil verlangt aber, daß die Kraft, mit der es durch die Feder auf seinen Sitz herabgezogen wird, immer dieselbe bleibe. Während der Ansaugeperiode herrscht ein Unterdruck von gewisser Stärke im Zylinder, das Auslaßventil soll sich in dieser Periode nicht öffnen, seine Feder muß also so stark gespannt sein, daß sie dem Unterdruck widerstehen kann. Andererseits darf sie aber auch nicht zu stark gespannt werden. Die Steuerorgane sind so wie so schon bei Überwindung des auf dem Auslaßventil lastenden »Enddruckes« erheblich angestrengt. Der Wärter hat also das Verhalten des Auslaßventils stets zu kontrollieren. Sobald während der Ansaugeperiode ein Zucken der Ventilspindel bemerkbar wird, treten Verbrennungsgase in den Zylinder zurück, die den Wert der Ladung schädigen.

g) Eine weitere Störung kann dadurch entstehen, daß das Ventil durch Abnutzung der Schleiffläche allmählich eine tiefere Lage einnimmt und bei starker Erwärmung und Ausdehnung der Ventilspindel eine ständige Berührung des Steuerhebels oder der Druckstange mit der Spindel des Auslaßventils stattfindet. Auch hierbei treten Verbrennungsprodukte in den Zylinder zurück, die die Ladung verschlechtern.

h) Schwacher Gasdruck oder schlechtes Gas bei Benutzung von Generatoren.

In vielen Städten, namentlich dort, wo in den verschiedenen Stadtteilen große Höhenunterschiede bestehen, wird der Gasdruck am Tage oft so stark erniedrigt, daß die Gemischbildung darunter leidet.

Ist der Motor mit einem Mischventil versehen, so kann man sich für den Betrieb am Tage ein besonderes Misch-

ventil mit größeren Gasöffnungen halten. Vorausgesetzt ist, daß die Gasleitung genügend weit sei. Das sicherste Kennzeichen für diese Störungsart ist der zusammengefallene schlaffe Gummibeutel.

Bei Verwendung von Generatorgas hat man immer mit Schwankungen in der Qualität des Gases zu rechnen. Jede neue Anthrazit- oder Kokssendung macht sich bemerkbar. Ein Mittel, das Gas in solchen Fällen besser zu machen, gibt es nicht. Doch kann man versuchen, mehr oder weniger Wasser in den Verdampfer fließen zu lassen und die Zündzeit zu verstellen.

Häufig sind auch die Querschnitte der Gasleitungsrohre zwischen Generator und Reiniger durch Flugasche und Teer stark verengt. Man halte sich für alle Fälle einen Gasdruckmesser, der nahe am Motor an der Gasleitung anzubringen ist.

i) Die Steuerräder sind versetzt, es kommen unrichtige Zähne zum Eingriff.

Ein Auseinandernehmen der Steuerräder wird an den Gasmotoren nur sehr selten nötig sein, aber weil es so selten vorkommt, kann man fast mit Bestimmtheit darauf rechnen, daß der Wärter nicht daran denkt, beim Wiederzusammensetzen der Räder auf die Zeichen zu achten, welche für den richtigen Eingriff an den einzelnen Zähnen angebracht sind. Erleidet die Steuerung durch das Versetzen der Zähne eine starke Veränderung, so wird der Motor überhaupt nicht angehen. Handelt es sich nur um einen oder einige Zähne, so äußert der Motor wenig Kraft. Sobald also nach dem Auseinandernehmen des Motors schwächere Kraftäußerung bemerkbar wird, kann man mit ziemlicher Bestimmtheit darauf rechnen, daß unrichtige Zähne der Steuerräder ineinandergreifen.

8. Es knallt beim Ansaugen der Ladung.

Die Ursachen des Knallens während der Ansaugeperiode oder der »Rückschläge« sind:

a) Bildung langsam brennenden Gemisches,
b) mangelhafte Kühlung des Verbrennungsraumes,
c) Nachbrennende Schmieröldämpfe,
d) Glimmende Ölkohle oder Asbestfasern,
e) Sackgassenähnliche Räume im Innern des Zylinders, in denen sich armes, langsam brennendes Gemisch ansammeln kann.

Das Knallen der Gasmotoren in der Ansaugeperiode, oder wie man diese Erscheinung auch nennt, die Durch-

schläge oder Rückschläge sind immer in vorzeitigen Entzündungen der Ladung beim Eintritt in den Zylinder zu suchen. Die Durchschläge gehören zu den unangenehmsten und häufig zu den am schwersten zu beseitigenden Störungen.

a) Als Ursache der Durchschläge wurde zuerst die Bildung langsam brennenden Gemisches angeführt. Dies kann entstehen durch ungenügende Weite der Gasleitung, Erniedrigung des Gasdruckes oder verengten Querschnitt des Auspuffs.

Erklärung und Abhilfe. Bei zu geringem Gasgehalt der Ladung geht die Verbrennung so langsam vor sich, daß die Flamme auch noch während des Auspuff- und Ansaugehubes als solche im Zylinder bestehen bleibt und hier eine unerwünschte und unzeitig wirkende Zündquelle für die angesaugte Ladung abgibt, so daß die entwickelten gespannten Verbrennungsgase mit mehr oder weniger starkem Knall aus dem geöffneten Einlaßventil hinausfahren.

Der Verhältnisse, durch welche langsam brennendes Gasgemisch erzeugt werden kann, gibt es nun leider sehr viele, z. B. kann versäumt sein, den Gashahn genügend zu öffnen; in strengen Wintern kann sich Naphthalin oder Wasser in den Rohren bilden. Durch Änderung des Rohrnetzes in den Straßen, durch Anschluß neuer Gaskonsumenten in der Nachbarschaft kann der Gasdruck stark sinken. Bei Benutzung von Generatoranlagen muß man vor allen Dingen mit starken Druck- und Qualitätsschwankungen im Gase rechnen. Falls mehrere ungekuppelte Motoren an einem Generator und einer Leitung liegen, kann bei zufällig gleicher Gasnahme aller Motoren für die letzte Maschine Gasmangel eintreten. Außerdem kann verdünntes Gemisch auch noch durch zu großen Gehalt der Ladung an Verbrennungsprodukten entstehen. Verstopfungen der Auspuffleitung, ungenügende oder verspätete Eröffnung des Auslaßventils versperren den Verbrennungsgasen häufig den Weg, es bleiben dann größere Mengen dieser Gase im Verbrennungsraum zurück, welche die Verbrennung erheblich verzögern können.

Aus dem Gesagten geht hervor, wie viele Zufälligkeiten die Bildung langsam brennenden Gemisches herbeiführen können; es wird auch klar sein, daß es häufig gar nicht in der Macht des Wärters liegt, diese Störungen unmittelbar beseitigen zu können, sondern daß dazu Umänderungen der Anlage nötig sind.

b) Mangelhafte Wasserkühlung.

Je höher die Temperatur der Wandungen des Verbrennungsraumes, um so wärmer sind auch die hier verbleibenden Rückstände, und um so größer ist die Gefahr, daß sich die neu angesaugte Ladung schon beim Eintritt entzünde. Wenn nun auch zugegeben werden muß, daß vom theoretischen Standpunkt betrachtet, eine Vorwärmung der Ladung an den Wandungen des Verbrennungsraumes von Nutzen ist, so sprechen doch recht viele praktische Gründe gegen diese hohe Erwärmung. Je größer der Motor, um so dicker sind die Wandungen des Verbrennungsraumes, um so geringer wird die Kühlwirkung und um so mehr sind Rückschläge zu befürchten. Bei großen Motoren darf die Kühlwassertemperatur also nicht zu hoch steigen.

c) Brennende Schmieröldämpfe.

Das Zylinderschmieröl besteht zum großen Teil aus Mineralöl, es sind dies die bei Temperaturen von mehr wie 270° gewonnenen Destillationsprodukte des Rohpetroleums. Je höher die Destillationstemperatur aller Teile des Öls, um so besser eignet es sich im allgemeinen für Gasmotoren. Ist das Öl bei niedrigen Temperaturen gewonnen, oder ist es ein Gemisch von leicht und schwersiedenden Ölen, so bilden sich im Verbrennungsraum Öldämpfe, die noch als Flamme bestehen können, wenn die neue Ladung eintritt. Die Folge sind dann die Rückschläge.

Man wird fragen, warum treten die Rückschläge immer nur einzeln auf? Eine Antwort ist leicht gefunden. Beim Rückschlag wird ein großer Teil der Öldämpfe mit zum Einlaßventil hinausbefördert. Regelrechte Verbrennung fällt für diesen Hub überhaupt aus, und die Wandungen des Verbrennungsraumes gewinnen Zeit sich abzukühlen.

Ob die ungeeignete Qualität des Schmieröls die Ursache der Rückschläge ist, kann man übrigens durch Prüfung des Öls leicht feststellen. Man hat das Öl nur in einem Probiergläschen zu erhitzen. Je niedriger dann die Temperatur liegt, bei der entzündbare Dämpfe ausgestoßen werden, um so weniger eignet sich das Öl für Gasmotoren.

d) Glimmende Ölkohle oder Asbestfasern.

Bei ungenügender Reinigung des Verbrennungsraumes und namentlich des Auslaßventilgehäuses können Teile der hier abgesetzten Ölkohle leicht ins Glühen geraten und die vorzeitige Entzündung der eintretenden Ladung veranlassen. Ebenso wirken auch vorspringende Teile von Asbestverpackungen. Letztere sind also möglichst sauber auszuhauen und müssen innen etwas zurückspringen. Wie schon

des öfteren erwähnt, haben gute Motoren überhaupt keine Asbestdichtungen, sondern überall Schleifflächen, die, wenn sie sorgfältig behandelt werden, als dauerhafteste und zuverlässigste Dichtungsart zu bezeichnen sind.

e) Sackgassenähnliche Räume, welche in direkter Verbindung mit dem Verbrennungsraum stehen.

Diese nicht leicht auffindbare Ursache der Rückschläge ist wenig bekannt. Bemühungen, welche in dieser Richtung angestellt werden, haben aber oft überraschenden Erfolg. Die sackgassenähnlichen Räume brauchen durchaus nicht groß sein, so genügt z. B. die etwa 10 mm weite Bohrung, welche für den Indikator angebracht wird, oder die noch engere Bohrung des Ölablaßhahns, die Bohrung für den Wasserablaßhahn am Zündrohr, den man an manchen Maschinen findet, um das Übel hervorzurufen.

Die mehr oder weniger langen Bohrungen nach diesen Hähnen bleiben nach dem Treibhub mit verbrannten Gasen erfüllt, bei der Kompression dringt zündbares Gemisch in sie hinein und bildet mit den Rückständen langsam brennendes Gemisch, welches noch »nachschwelt«, während die neue Ladung schon wieder angesaugt wird. Gegen Mitte des Ansaugehubs nun, wenn der Kolben schnellere Bewegung annimmt und sich im Zylinder stärkerer Unterdruck bemerkbar macht, kommt dann die Flamme aus ihrem Schlupfwinkel heraus und entzündet das in den Zylinder gelangte Gemisch. Es kommen unter diesen Umständen also immer größere Gemischmengen zur Entzündung und die entstandenen Rückschläge kennzeichnen sich durch einen besonders kräftigen Knall.

Die Bohrungen für Anbringung des Indikators sind also so zu verschrauben, daß sie ganz ausgefüllt werden. Ölablaßhähne sind sehr eng zu machen oder bei großen Motoren durch Ventile zu ersetzen.

9. Es erfolgen Stöfse im Motor.

Seitdem man Motoren mit großer Umdrehungszahl, elektrischer Zündung und hoher Kompression baut, ist es nötig, die Zündzeit veränderlich zu machen und es gehört zu den Obliegenheiten des Wärters, die Zündzeit, entsprechend den jeweiligen Verhältnissen, richtig einzustellen. Wirkt die Zündung zu spät, so ist Kraftverlust damit verknüpft. Zündet sie zu früh, so wird der Gang des Motors ein harter, es erfolgen zur Zündzeit mehr oder weniger starke Stöße.

Auch beim Glührohr kann die Zündung zu früh einsetzen, so daß sich beim Beginn jedes einzelnen Krafthubes Stöße einstellen, die kraftraubend wirken und die Haltbarkeit der Maschine beeinträchtigen. Diese vorzeitige und unregelmäßige Wirkung des Zündrohrs tritt namentlich bei kurzen, weiten oder wohl gar konisch geformten Rohren ein. Dem Übel wird abgeholfen, wenn man den Kanal zwischen dem Glührohr und dem Innern des Verbrennungsraumes durch ein fest eingeschlagenes Rohrstück verengt. Je nach der Länge dieses Kanals kann man bis auf 2 mm Durchmesser heruntergehen.

Für Petroleum- und Benzinmotoren kommen noch Stöße anderer Art in Betracht. Diese Brennstoffe, namentlich das Petroleum, haben eine sehr niedrig liegende Entzündungstemperatur — Petroleummotoren laufen bekanntlich, ohne daß ein Glühen des Zündrohres äußerlich bemerkbar wäre. Ist nun die Kompression bei diesen Motoren etwas hoch gewählt, so können vorzeitige Entzündungen, hervorgerufen durch die Kompressionswärme im Verein mit der Wärme der Wandungen des Verbrennungsraumes, auftreten, die den Charakter wirklicher Explosionen haben und gefahrbringend für die Maschine sind.

Stöße, deren Ursache in Abnutzung einzelner Maschinenteile zu suchen sind, werden regelmäßig in jeder Arbeitsperiode hörbar, während Frühzündungen und Kompressionszündungen meistens einzeln und erst nach erlangter Betriebswärme auftreten.

Der Abnutzung am stärksten unterworfen sind der Zapfen im Kolben, der Schwungradkeil und die Kurbelwellenlager. Nachdem man seit Mitte der achtziger Jahre dazu übergegangen ist, die Schwungräder nicht mehr auf einen zylindrischen Achsschenkel fest zu keilen, sondern denselben konisch formt und das Schwungrad mit einer kräftigen Mutter auf den Schenkel festpreßt, kommen diese Stöße nicht mehr vor. Wenn sich jetzt das Schwungrad infolge ungenügend angezogener Muttern lockert und, wie das bei kleineren Motoren wohl immer der Fall ist, kein Sicherungskeil zwischen Nabe und Achsschenkel eingeschoben ist, so steht der Motor mit einem gewaltigen Ruck plötzlich still und das Schwungrad läuft auf dem Achsschenkel lose weiter.

10. **Der Motor läuft zu schnell.**

Die Ursachen des zeitweisen oder andauernden Zuschnelllaufens eines Gasmotors sind immer im Regulator zu suchen. Ein periodisches Steigen und Sinken der Um-

drehungszahl findet statt, wenn der Regulator ungenügend geschmiert wird oder abgenutzt ist. Bei andauerndem Zuschnelllaufen ist meistens der Regulatorantrieb zerstört. Wird der Regulator bei der Wartung vernachlässigt, sind die Schmierlöcher verstopft und gelangt kein Öl an die Spindel oder den Schleifring, so »fressen« sich diese Teile. Die Zähne der Antriebsräder müssen dann brechen, oder falls der Antrieb durch einen Riemen besorgt wird[1]), fällt dieser ab. Der Motor wird steuerlos und »geht durch«. Fällt dann auch noch der Betriebsriemen infolge der erhöhten Geschwindigkeit ab, so entsteht die allergrößte Gefahr für den Motor, das Schwungrad kann explodieren, die Deckelschrauben der Pleuelstangen können reißen und es ist schon öfter vorgekommen, daß der Motor in solchen Fällen ganz zerstört wurde. Dies sei eine Mahnung für den Wärter, den Regulator stets in bester Ordnung zu halten.

---

[1]) Der Antrieb des Regulators durch einen Riemen ist immer gefährlich und müßte verboten werden.

Achter Abschnitt.

Gefahren und Vorsichtsmaßregeln beim Umgang mit Gasmotoren.

Jede Maschine birgt ihre besonderen Gefahren in sich, von denen der Wärter Kenntnis haben muß, um sie vermeiden zu können. Bei den Gasmotoren sind dies die Feuers-, Explosions- und Vergiftungsgefahren, die mit den verwendeten Brennstoffen zusammenhängen.

Feuers- und Explosionsgefahren bei Gasmotoren entstehen durch Undichtigkeiten an den Brennstoffleitungen. Der Wärter hat also darauf zu achten, daß alle Verbindungsstücke und Anschlußorgane dicht erhalten bleiben. Nach jeder Lösung der Leitung oder eines Teils derselben sind alle in Frage kommenden Verbindungsstücke wieder fest anzuziehen und durch Ableuchten auf ihr Dichthalten zu prüfen. Die größte Gefahr bieten die Leitungen für flüssige Brennstoffe, Benzin, Petroleum und Spiritus.

Die Konstruktion der meisten heute gebräuchlichen Benzinmotoren ist so beschaffen, daß das Benzin dem Motor unter gelindem Druck zufließen muß, sei es nun, daß der Vorratsbehälter in geringer Höhe über dem Motor angebracht ist, oder das Innere des Behälters in irgend einer Weise unter Druck versetzt wird. Sobald also die Benzinleitung an irgend einer Stelle undicht wird, entleert sich der ganze Behälter durch diese Öffnung. Das Benzin fließt in das Motorenlokal, und falls Heiz- oder Leuchtflammen dort brennen, sind Explosionen oder Brände unvermeidlich.

Die Feuerversicherungen schreiben deshalb bestimmte Vorsichtsmaßregeln für Benzin- und Spiritusmotorenanlagen vor und machen bei Bränden die Auszahlung der Ver-

8*

sicherungssummen von der Befolgung dieser Vorsichtsmaßregeln abhängig.

Für Gasmotoren existieren zwar keine beengenden Vorschriften, immerhin muß aber auch hier die Leitung steter Kontrolle unterworfen werden. Namentlich muß der Gummibeutel von Zeit zu Zeit auf seinen festen Sitz und auf die Bildung von etwaigen Undichtigkeiten in seinen Wandungen, dort wo die Schlauchenden ansetzen, untersucht werden. Am meisten hat der Wärter die Gefahren zu fürchten, welche ihm durch die im Innern des Motors verbleibenden unentzündeten Ladungen drohen. Das Gasgemisch behält seine Entzündbarkeit für immer; bleibt unentzündetes Gemisch im Innern des Zylinders stehen, so können Tage und Wochen darüber hingehen, ohne daß die Möglichkeit einer Entzündung dieser Ladung hierdurch vermindert würde. Öffnet man nun einen solchen Motor an irgendeiner Stelle, etwa durch Abnehmen eines Ventildeckels oder löst den Kolben von der Kurbelwelle, um ihn herauszuziehen, so kann, falls elektrische Zündung vorhanden ist und der Motor bei geöffnetem Ventil oder abgekuppeltem Kolben gedreht wird, die Entzündung der Ladung im Zylinder erfolgen. Es schlägt dann eine starke Flamme aus den Ventilgehäusen heraus, oder der Kolben wird mit Heftigkeit aus dem Zylinder herausgeschleudert. Schon oft ist es hierbei zu schweren Verbrennungen und Quetschungen des Wärters gekommen, die vermieden werden konnten, wenn die Vorsichtsmaßregel befolgt wäre, daß vor jeder Arbeit am Motor selbst die Zündung auszuschalten ist und immer erst mit abgewandtem Gesicht vorsichtig eine Flamme in das Innere des Zylinders gehalten wird, um die dort etwa noch vorhandenen Ladungsreste zu entzünden.

Alle Personen, welche bei Untersuchungen von Motoren beschäftigt sind, müssen auf die Gefahren, welche ihnen drohen, aufmerksam gemacht werden. Niemand darf beim Drehen des Schwungrades mit den Füßen in die Speichen treten oder den Schwungradkranz so ergreifen, daß er seinen Arm durch die Speichenöffnungen steckt. Jeder muß einen sichern, festen Stand einnehmen und sofort loslassen, wenn er merkt, daß seine Kräfte nicht ausreichen, den Widerstand der Kompression zu überwinden.

Das Hineinsehen in den Zündflammenschornstein während des Betriebes ist unbedingt zu vermeiden, auch wenn Schutzgitter über dem Schornstein angebracht sind. Nur zu oft ist es vorgekommen, daß gerade zu dieser Zeit das Zündrohr platzte und die

glühenden Porzellansplitter und Teile des ebenfalls glühenden Asbestfutters dem Wärter in das Auge flogen. In erhöhtem Maß ist diese Gefahr vorhanden, wenn während des Hineinsehens Verschiebungen des Schornsteins oder Verstellungen des Brenners vorgenommen werden.

Im allgemeinen möge auch auf die Gefahren hingewiesen werden, welche durch mangelhaft geschützte Schwungräder, Riemen, Achsen und Zahnräder entstehen. In dieser Beziehung werden meistens noch viel zu wenig Schutzmaßregeln getroffen. Schutzgitter für Schwungräder, Riemen usw. genügen erst, wenn sie so hoch sind, daß man sich nicht mehr darüber fortlehnen kann.

Werden die Motoren von Hand angedreht, so ist das Schutzgitter fortnehmbar einzurichten.

So viel wie möglich sollten alle Motoren mit Anlaßvorrichtungen durch Preßluft ausgerüstet sein.

Das Abwischen und Anfassen bewegter Maschinenteile soll vermieden werden. Namentlich darf man nicht mit Putzwolle in die Nähe von Zahnrädern kommen. Selbst wenn die Räder durch Kappen geschützt sind, können vorstehende Fasern der Wolle durch Lücken der Schutzkappe hindurch in die Zähne geraten und die Hand des Wärters nach sich ziehen, bevor es ihm möglich ist, sie frei zu machen. Der bei vielen Monteuren und Wärtern beliebte Kunstgriff, die Pleuelstange während des Betriebes im Schaft anzufassen oder die Hand vom Kopfe derselben streifen zu lassen, um festzustellen, ob das Lager »klopft oder warm läuft«, ist durchaus verwerflich. Alle Motorenfabriken bringen jetzt eine Schutzkappe über der Kurbel und Pleuelstange an, durch welche diese Handgriffe unausführbar sind.

Neunter Abschnitt.

Tabelle
für die Rohrleitungen Körtingscher Gasmotoren.

Normale PS.	2	3	4	6	8	10	12	14	16	20	25
Leuchtgasleitung l. ϕ	3/4″	3/4″	1″	1″	1 1/4″	1 1/4″	1 1/2″	1 1/2″	1 1/2″	2″	2″
Sauggasleitung l. ϕ	—	—	2″	2″	2 1/2″	2 1/2″	3″	3″	3″	100	100
Auspuffleitung l. ϕ	2″	2″	2 1/2″	2 1/2″	3″	3″	90	90	90	100	100
Luftleitung l. ϕ	50	50	60	60	70	70	85	85	85	100	100
Kühlwasserzufluß l. ϕ	3/8″	3/8″	1/2″	1/2″	1/2″	1/2″	3/4″	3/4″	3/4″	1″	1″
Kühlwasserabfluß l. ϕ	3/4″	3/4″	3/4″	3/4″	3/4″	3/4″	1″	1″	1″	1 1/4″	1 1/4″

(Fortsetzung.)

Normale PS.	30	35	40	50	60	70	85	100	125	150	180
Leuchtgasleitung l. ϕ	2 1/2″	2 1/2″	3″	3″	—	—	—	—	—	—	—
Sauggasleitung l. ϕ	125	125	150	150	175	175	200	200	225	225	250
Auspuffleitung l. ϕ	125	125	150	150	175	175	175	200	200	225	275
Luftleitung l. ϕ	125	125	150	150	200□	200□	260□	260□	260□	260□	360□
Kühlwasserzufluß l. ϕ	1″	1″	1 1/4″	1 1/4″	2″	2″	2″	2″	2 1/2″	2 1/2″	3″
Kühlwasserabfluß l. ϕ	1 1/2″	1 1/2″	2″	2″	2″	2″	2″	2 1/2″	2 1/2″	2 1/2″	3″

Namen- und Sachregister.

